

**UNIVERSIDADE TÉCNICA DE LISBOA**

**INSTITUTO SUPERIOR DE ECONOMIA E GESTÃO**

**MESTRADO EM ECONOMIA**

**PREVISÃO DE VALORES RESIDUAIS DE AUTOMÓVEIS**

Maria Teresa de Lima Hilário Chaves

Orientador: Doutor João Manuel Caravana Santos Silva

Presidente do Júri: Doutor João Manuel Caravana Santos Silva

Vogais do Júri: Doutor João Manuel de Sousa Andrade e Silva

Doutor Joaquim José Santos Ramalho

**Dezembro de 2006**



## Resumo

A importância estratégica dos valores residuais de automóveis usados, ligeiros de passageiros, para certos ramos da economia como a gestão de frotas, *rent-a-car* e companhias seguradoras motivou a escolha do tema desta tese. Assim, formalizou-se um modelo econométrico que define o valor esperado dos residuais, condicionado nas variáveis explicativas. A sua concepção teve como referências as teorias das Regressões Hedónicas e do *Capital Asset Price Model*. As questões econométricas que surgem prendem-se com a existência de uma variável dependente fraccional. Neste contexto, seguiu-se a sugestão de Papke e Wooldridge (1996) que consiste numa forma funcional específica e um método de estimação da Quase-Máxima Verosimilhança, com os quais se recupera facilmente a função de regressão da variável fraccional. Estimaram-se ainda modelos para os quantis condicionados 5 e 95 da distribuição dos residuais pelo método da Regressão de Quantis (Koenker e Basset, 1978); os quantis definem os limites do intervalo de confiança de 90% para o valor residual.

No estudo empírico realizado utilizou-se uma base de dados de vendas realizadas em leilões de automóveis usados. Segundo os resultados, as variáveis significativas na definição do residual são: *idade*, *kms*, *valor do automóvel novo*, tipo de *combustível* e a existência de *ar condicionado*. Nos quantis 5 e 95 surgem mais variáveis significativas, relativas ao equipamento do automóvel. As estimativas relativas ao quantil 95 são mais aproximados às da média que as do quantil 5.

Palavras chave: Regressões Hedónicas, Regressão de Quantis, Variável Dependente Fraccional, Gestão de Frotas, Valores Residuais de Automóveis.

## Abstract

The strategic importance of residual values of used passenger cars to some economic activities, such as fleet services, rent-a-car and insurance, motivated this work. An econometric model was set in order to define the expected value of residuals conditional on the regressors. Its main references were both Hedonic Regressions and *Capital Asset Price Model's* theories. Econometric questions arise because of the existence of a fractional response variable and, in that context, the proposal of Papke and Wooldridge (1996) was followed. They suggest the use of a specific functional form and a method of Quasi-Maximum Likelihood, which facilitates the task of recovering the regression function of the fractional variable. Conditional quantiles 5 and 95 of the residual distribution function were also estimated by the method of Quantile Regression (Koenker and Basset, 1978); the quantiles set the limits of the confidence interval for the residual.

For the empirical work a database of sales of used cars in auctions was used. The results tell that the significant regressors are: *age, kms, value of the new car, kind of fuel* and the existence of *air conditioning*. Besides these, for quantiles 5 and 95, there are also other significant equipment variables. Estimates for quantile 95 are more similar to those of the expected value than quantile 5.

Key words: Quantile Regression, Hedonic Regressions, Fractional Response Variable, Fleet Services, Residual Car Values.

# Índice

Resumo .....	2
Abstract .....	3
Índice .....	4
Lista de Tabelas .....	5
Agradecimentos .....	6
1. Introdução.....	7
2. Gestão de frotas automóveis e respectiva terceirização - o tema dos valores residuais de automóveis .....	12
2.1. O Aluguer Operacional de Veículos .....	12
2.2. Os valores residuais de automóveis .....	17
3. Enquadramento teórico .....	21
3.1. Regressões Hedónicas.....	21
3.2. O <i>Capital Asset Price Model (CAPM)</i> .....	29
4. Questões econométricas .....	41
4.1. Papke e Wooldridge (1996).....	43
4.2. Intervalos de Confiança com Regressão de Quantis .....	48
5. O modelo .....	54
5.1. Dados .....	55
5.2. Os modelos estimados .....	58
5.3. Os resultados.....	61
6. Conclusão .....	67
Referências .....	70

**Lista de Tabelas**

Tabela 1 ..... 56

Tabela 2 ..... 57

Tabela 3 ..... 62

Tabela 4 ..... 64

## **Agradecimentos**

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer às duas leiloeiras de automóveis: à Autoleilões, (BCA) e à Sociedade de Leilões de Veículos (SLV), pela disponibilização dos dados referentes às suas vendas, sem os quais este trabalho não teria sido possível.

Em particular, gostaria de agradecer ao Professor João C. Santos Silva, ao Pedro Chaves e ao Daniel Mota pela permanente disponibilidade, comentários e apoio em geral.

# 1. Introdução

Como é muitas vezes habitual dizer e acontecer, é nas adversidades que surgem oportunidades. Assim, num clima de estagnação económica, conforme o que se tem verificado nos últimos anos em Portugal, em que as empresas necessitaram de se concentrar na gestão dos seus negócios e de reduzir custos, surgiu a oportunidade de desenvolvimento e de sucesso dos serviços de terceirização<sup>1</sup>, na linha do que também já acontecera em geral no resto do mundo. Estes serviços, dos quais a gestão de frotas, através do serviço de Aluguer Operacional de Viaturas (AOV) é um exemplo, permitem não só libertar as empresas de tarefas que não estão relacionadas como seu *core business* como também reduzir os custos inerentes por serem entregues a profissionais.

O serviço consiste, mais concretamente, no aluguer do veículo ao qual se associa um conjunto de outros serviços relacionados com a utilização do automóvel, como por exemplo, o seguro de acidentes pessoais contra terceiros e a manutenção. O AOV fornece um serviço inovador, com significativo valor acrescentado e que tem vindo a registar uma considerável expansão nos últimos anos. Além disso, tem já identificado novos mercados por onde poderá crescer nos próximos tempos. O dinamismo que o sector do AOV tem representado na economia portuguesa fez surgir o interesse e motivação para a realização desta tese que se foca na questão fulcral da determinação dos valores residuais dos automóveis.

---

<sup>1</sup> Em inglês, *outsourcing*.



A questão da determinação dos valores residuais torna-se fulcral devido à fórmula ou filosofia de cálculo do pagamento do serviço de AOV baseada na máxima “paga-se o que se usa”. Note-se que apesar do serviço de AOV consistir num pacote de serviços, a principal componente desse pacote é o aluguer do automóvel. O pagamento do serviço de *renting*, nome pelo qual também é conhecido o AOV, ao contrário de outras formas de financiamento automóvel, não se baseia na amortização total do automóvel, mas apenas na parcela que corresponde à utilização do veículo durante o período contratado. A parcela que resta, face ao valor do carro novo, consiste no valor residual do automóvel. Definir o valor residual do automóvel, ou definir a dita parcela referente à utilização do carro, é uma tarefa difícil pois consiste em determinar no momento presente, hoje, quanto o automóvel vale num momento futuro, no fim do contrato. A complexidade de previsão do valor futuro do automóvel, com uma margem de erro reduzida, reside não só na identificação dos factores que determinam o preço de um automóvel como também na definição da forma como todos eles se conjugam. Há que ter em conta desde os factores mais objectivos, como as características do automóvel, as técnicas e de equipamento, aos outros não tão objectivos, como por exemplo, a moda ou a evolução das necessidades dos clientes. Acrescem ainda as dificuldades relacionadas com a medição desses factores menos objectivos e com a previsão da evolução de todos os factores ao longo do tempo, durante o período do contrato de *renting*.

Tradicionalmente, em Portugal, as gestoras de frota avaliam os vários factores e determinam os valores residuais de uma forma puramente empírica, perante uma análise que fazem do mercado. O objectivo desta tese consiste em definir um modelo

econométrico que permita determinar o valor residual dos automóveis ligeiros de passageiros em Portugal através de uma abordagem mais formal. Pretende ser o princípio de um estudo que, mais desenvolvido e no limite, pudesse vir a ser uma referência na definição dos valores residuais para os potenciais utilizadores, não apenas as gestoras de frota como também as companhias seguradoras (no contexto dos seguros por danos próprios) e as *rent-a-car* (pela necessidade de avaliar as suas frotas caracterizadas por uma grande rotatividade). Em Portugal surgiram já algumas tentativas de definição dos residuais, no entanto, o modelo que aqui se apresenta tenta ir um pouco mais longe na respectiva concepção. Nomeadamente, e ao contrário do que é habitual, estima-se o valor médio esperado do valor residual na sua forma percentual face ao valor do carro novo e estima-se também um intervalo de confiança a 90%. Utilizaram-se para o efeito as bases de dados de duas leiloeiras que representaram cerca de 75% das vendas de automóveis usados e vendidos em leilões dirigidos a comerciantes em leilão no ano de 2003.


Nos parágrafos que se seguem, apresenta-se a organização deste trabalho.

No ponto 2 é apresentado o tema do valor residual de um automóvel como questão fulcral da gestão de frotas, em particular, do serviço de AOV. Apresenta-se igualmente uma caracterização genérica do serviço e do sector e ainda do seu papel no contexto da economia portuguesa.

No ponto 3 é feito o enquadramento teórico do modelo que se pretende estimar. Primeiro apresenta-se a ideia subjacente às Regressões Hedónicas segundo a qual

produto não é mais do que um cabaz de várias características base e cujo valor e utilidade que dele se retira não é mais do que uma tradução do valor e utilidade implícitos nessas características. A aplicação de regressões hedónicas faz ainda mais sentido quando se pretende estudar o valor de produtos com níveis elevados de tecnologia incorporada. O automóvel é um desses produtos e nessa perspectiva, a teoria das Regressões Hedónicas dá o enquadramento necessário no contexto do modelo dos valores residuais. Apresenta-se para o efeito um resumo geral mas não exaustivo da literatura acerca das Regressões Hedónicas e as suas principais aplicações, focando as que se relacionam com automóveis. Depois, ainda no ponto 3, no que diz respeito ao enquadramento do modelo, é apresentado um dos modelos de referência da economia financeira, o *Capital Asset Price Model* (CAPM). Mais do que ao nível da modelização, este modelo financeiro tem um paralelismo relevante com o modelo de residuais em vários aspectos. Logo à partida, porque uma frota de automóveis pode ser comparada a um carteira de activos cujo rentabilidade se pretende maximizar. Em ambos os casos, a definição dos activos/automóveis componentes da carteira/frota é feita *ex-ante* relativamente à valorização do mercado, pelo que, aquela definição, é feita num contexto de risco, uma componente tão decisiva nas decisões quanto a diversificação, sendo esta encarada como medida de redução do risco.

No ponto 4 apresentam-se as questões econométricas relacionadas com modelos em que a variável dependente é fraccional - como neste caso, dos valores residuais dos automóveis - os modelos habitualmente usados e as suas limitações. Por fim, apresenta-se o modelo alternativo considerado mais adequado, nomeadamente em termos da forma funcional adoptada e do método de estimação da Quase Máxima Verosimilhança,



o qual é sugerido por Papke e Wooldridge (1996). No ponto 4.2 faz-se uma breve descrição do método de estimação da Regressão de Quantis e das suas vantagens em relação a outros métodos de estimação. Estimam-se modelos para os quantis 5 e 95 que definem os limites do intervalo de confiança de 90% para o valor residual esperado.

No ponto 5 é apresentado um estudo empírico em que se explora a base de dados já referida. Pretende-se identificar as variáveis que influenciam, e como influenciam, o valor residual de um automóvel. Finalmente, no ponto 6 são apresentados os principais resultados.

## **2. Gestão de frotas automóveis e respectiva terceirização - o tema dos valores residuais de automóveis**

### **2.1. O Aluguer Operacional de Veículos**

O serviço de Aluguer Operacional de Viaturas (AOV) é prestado pelas gestoras de frota e consiste em disponibilizar por um período contratado (geralmente no mínimo 6 meses e no máximo 4 anos) a utilização de um automóvel novo e o pagamento do imposto municipal (vulgarmente conhecido como “selo”), na versão contratual menos abrangente, face ao pagamento de uma renda mensal fixa para todo o período contratual. A utilização do automóvel é definida para um padrão médio anual pré-definido de kilometragem, pneus, etc. O serviço nas suas versões mais abrangentes pode ainda incluir o seguro automóvel, as revisões ou a extensão daquele padrão médio de utilização, por exemplo. O AOV aplica-se a todo o tipo de veículos: ligeiros de passageiros, ligeiros de mercadorias, veículos adaptados ao transporte de valores e a alguns veículos pesados até 6000 kgs de peso bruto (a legislação não permite o aluguer de veículos mais pesados). Pode, assim, fazer-se face à necessidade de gestão de frotas que estão directamente ao serviço da produção da empresa, como no caso de uma equipa de comerciais ou no caso de uma empresa de distribuição, ou de frotas que fazem parte do pacote de remunerações dos seus colaboradores. No conceito de AOV a propriedade do veículo pertence ao locador. O cliente paga apenas a utilização do automóvel, evitando, deste modo, um pesado investimento assim como o risco da desvalorização que o automóvel sofre ao longo do tempo. Permite ainda evitar a imprevisibilidade dos custos e riscos de manutenção.

O mercado do AOV, também conhecido como *renting*, tem registado, nos últimos anos, em Portugal, um forte crescimento e um aumento da sua quota de penetração, o que é especialmente notável num clima economicamente adverso, marcado pela recessão económica com fortes reflexos no próprio sector automóvel. O crescimento da terceirização de frotas explica-se porque, tal como a terceirização em geral de todas as actividades exteriores ao *core business* das empresas, é vista como um meio da redução de custos pelo facto de ser entregue a profissionais. Além disso, as empresas estão a mudar de mentalidade no sentido de considerarem o uso de automóveis no âmbito dos seus negócios como um consumo básico, conforme o consumo de electricidade ou das comunicações e não propriamente como um investimento. A tendência generalizada de terceirização, verificada não só em Portugal mas nos restantes países europeus e no mundo, tem, assim, proporcionado um crescimento das actividades associadas a estes serviços, verificando-se o oposto na Indústria.

A provar a crescente importância do AOV em Portugal pode-se analisar os números apresentados pela Associação Rent-a-Car (ARAC) que representa 95% das empresas e mais de 80% do mercado de AOV em Portugal. De acordo com o Anuário de 2004, o sector facturou em 2003 cerca de 375 milhões de euros que representa um aumento de 23% relativamente a 2002, face a um investimento de 600 milhões de euros em novos veículos. O sector foi o responsável por 11% do total de veículos de passageiros vendidos e 13% dos comerciais ligeiros. No final de 2003, início de 2004, cerca de 30% do total de veículos usados com idade entre os 24 e os 50 meses vendidos em Portugal têm procedência neste sector. Se se tiver em conta os veículos entre os 36 e

os 48 meses, períodos mais comuns dos contratos de AOV, aquela percentagem sobe significativamente. A ARAC aponta os Serviços, os Laboratórios Farmacêuticos e a Indústria como os principais clientes deste serviço; informa, no entanto, que as suas associadas têm apostado na aproximação às pequenas e médias empresas demonstrando-lhes as vantagens associadas ao *renting*.

O Relatório e Contas de 2004 da Multirent<sup>2</sup>, uma das gestoras de frota de referência no nosso país, com cerca de 14% da quota de mercado em 2004, faz igualmente referência ao crescimento do sector do AOV em Portugal. A Multirent estimava que em 2004, face a 2003, o sector do AOV tenha registado um aumento de 8% no número total de contratos. No final de 2004 a frota total sob gestão ultrapassou as 80.000 viaturas, o que representou um aumento de 30% face ao ano anterior. Ainda segundo a mesma fonte, o mercado português não havia atingido ainda a sua maturidade, ao contrário de outros países europeus, já que, só mais recentemente, as pequenas e médias empresas e os clientes particulares começam a aderir a este serviço. No Relatório e Contas de 2005 da Multirent destaca-se a continuação da tendência de crescimento do volume de negócios do AOV. No espaço de um ano, em 2005, face a 2004, registou-se um aumento superior a 20% no número total de novos contratos, atingindo no final de 2005 uma frota de quase 90.000 viaturas. Este aumento significativo deveu-se, em grande parte, à adesão gradual de empresas de pequena e média dimensão e de particulares.

---

<sup>2</sup> Até 2005 a Multirent pertenceu exclusivamente ao grupo SAG (Soluções Automóvel Globais). Em 2005 passou a ser alvo de uma parceria entre o Grupo SAG e o Banco Santander Consumer.

As empresas de AOV surgiram em Portugal com o objectivo de fazer face às necessidades das empresas portuguesas e das multinacionais que já usavam este tipo de serviço noutros países. As primeiras empresas a aderir ao AOV foram as grandes empresas que já conheciam as suas vantagens. Actualmente, em Portugal, a generalização do AOV verifica-se ainda apenas nas grandes empresas (sectores de distribuição, farmacêutica, etc.), o que facilmente se entende, pois são elas que mais vantagens têm em aderir pelo simples facto de terem frotas de maior dimensão. Quanto maior a dimensão da frota em questão, maior será o seu poder negocial para contratar serviços de AOV mais baratos e quanto maior a frota, maiores os custos de gerir uma frota própria e mais vantagens a empresa terá no *outsourcing* da respectiva gestão, focando-se no seu *core business*.

Contrariamente ao que se passa nas grandes empresas e nos organismos públicos em Portugal, e contrariamente à realidade verificada no Reino Unido e nos Estados Unidos, as pequenas e médias empresas e os particulares ainda não aderiram de forma generalizada a este serviço. As pequenas e médias empresas, muitas vezes até de cariz familiar, tratam a aquisição de automóvel ao serviço da empresa como um assunto pontual, já que as frotas, nestes casos, podem ser constituídas por não mais do que dois automóveis. Estas não são, pois, as empresas que mais vantagens retiram do AOV. No entanto, a familiarização com o serviço e a sua gradual massificação, que poderá traduzir-se na descida do preço, poderão permitir uma melhor avaliação das suas vantagens levando as pequenas e médias empresas a aderir progressivamente ao AOV. As mesmas conclusões se podem tirar relativamente aos clientes particulares. As gestoras de frota consideram o mercado português tipicamente tradicional pois



identificam o sentimento de posse do automóvel como o principal obstáculo dos particulares à adesão ao serviço de *renting*. As pessoas ainda encaram o automóvel como uma componente importante do seu património e, pelo facto do aluguer estar associado a algo passageiro, alugar um automóvel para uso diário parece-lhes não fazer sentido. Contudo, a comodidade que o serviço proporciona e a racionalidade associada ao conceito de “pagar apenas o que se usa” começam a ser também factores importantes a equacionar. As gestoras de frota reconhecem, em geral, que o serviço dirigido aos particulares deve ser diferenciado face ao das empresas já que se as necessidades e os atractivos de uns e de outros se não são diferentes são, pelo menos, ponderados de forma diferente. Neste momento do tempo de vida do serviço de *renting* no nosso país, em que as grandes empresas já aderiram ao serviço, o potencial de crescimento do mercado passa precisamente pelos particulares, as pequenas e médias empresas e os profissionais liberais.

O *renting* é encarado como a melhor alternativa ao investimento em activos pois não obriga a um desembolso do valor total do veículo ou evita a contracção de um empréstimo. Como o cliente apenas paga uma renda fixa baseada na utilização do automóvel, os custos com o *renting* são inferiores aos de aquisição aumentando, desta forma, a capacidade de contratação deste serviço. O aumento da liquidez de tesouraria que proporciona, especialmente vantajoso em contextos de conjuntura económica desfavorável, tornam-no muito atractivo. Evita-se, por um lado, a compra de um bem que sofre uma forte desvalorização num curto espaço de tempo, além da tendência para se tornar obsoleto rapidamente e, por outro lado, torna-se mais acessível a renovação de frotas. É razoável afirmar que carros novos terão, à partida, menor probabilidade de ter

problemas do que carros mais antigos e nenhuma empresa tem interesse em ter automóveis parados enquanto são reparados. Além disso, o acompanhamento informático da gestão das frotas permite às gestoras apoiar as empresas clientes a adaptar os novos contratos às necessidades evidenciadas em contratos anteriores. Finalmente, pelo facto da propriedade dos automóveis não pertencer aos clientes mas sim às gestoras de frota, todo o processo a venda das frotas em fim de vida, que passa por exemplo pela sua valorização, passa a ser um problema exclusivo das gestoras de frota, permitindo, mais uma vez, que a empresa se foque no seu negócio e deixe as frotas com os profissionais. São estas as grandes vantagens, assim como os factores diferenciadores do AOV em relação a outros tipos de financiamento/aquisição automóvel como o aluguer de longa duração (ALD), o leasing ou o crédito.

## **2.2. Os valores residuais de automóveis**

A principal característica do *renting* é a referência de valorização do serviço prestado que se baseia na utilização do automóvel e no pacote de serviços associados durante o período contratado, ao contrário de outras formas de aquisição ou financiamento automóvel em que o valor do serviço é referenciado ao preço do automóvel novo e tem em vista uma amortização total do automóvel. Esta característica diferenciadora do AOV obriga ao cálculo de uma renda financeira, definida com base na diferença entre o valor do automóvel novo e o respectivo valor que se supõe que esse automóvel assuma no fim do contrato, ou seja, o seu valor residual. As gestoras de frota precisam, assim, de definir com algum rigor o valor residual das frotas que gerem, pois dessa definição vai depender o preço do serviço que prestam.

O valor residual de um automóvel define-se, então, como sendo o valor atribuído a esse automóvel no momento do fim do contrato que é um momento futuro. Os residuais são, por isso, valores difíceis de determinar e tão mais difícil quanto maior for o horizonte temporal em causa. Apesar da determinação do valor residual consistir numa tarefa de adivinhação do futuro, independentemente do método de cálculo, este passará inevitavelmente por estudar os preços dos automóveis e a sua evolução no passado. No entanto, mesmo estudando o passado, as dificuldades encontradas não são poucas pois existem muitos factores determinantes, característicos do sector automóvel, difíceis de medir ou que, simplesmente, não constam das bases de dados disponíveis. São exemplos disso a rápida e significativa incorporação de tecnologia nos automóveis, a forte concorrência do sector e a eterna dúvida relativamente ao futuro do Imposto Automóvel, do seu impacto actual no preço final de venda no futuro. Há ainda outros factores influentes e de difícil quantificação, como por exemplo, quantos carros iguais (ou equivalentes) existem para venda em simultâneo, quantos modelos novos concorrentes terão surgido entretanto, ou simplesmente factores subjectivos como a valorização da cor do automóvel.

Apesar das dificuldades, a sua determinação é fundamental para o negócio das empresas gestoras de frota, como já se referiu, mas também para as empresas de *rent-a-car* e ainda das companhias seguradoras. As *rent-a-car*, na qualidade de compradoras regulares de grandes quantidades de automóveis baseiam as suas decisões de compra tendo em conta os valores previstos de venda, que não são mais do que os valores residuais dos automóveis.

No caso das companhias seguradoras, o interesse justifica-se por força da própria lei. O Decreto-Lei 214/97, de 16 de Agosto, obriga as seguradoras a actualizarem anualmente o valor dos prémios do seguro automóvel face ao de referência que é o respectivo valor comercial ou de mercado do ano a que se refere o contrato. Este Decreto-Lei incumbe o Instituto de Seguros de Portugal de definir, através de normas regulamentares, as regras e os procedimentos que as seguradoras devem cumprir com o objectivo da referida actualização, nomeadamente, os critérios de construção das tabelas com os factores de actualização (anuais e mensais) do valor do automóvel. Um dos objectivos daquela lei é defender os consumidores dos serviços opcionais de seguro (danos próprios) que, na ausência da actualização do valor do seguro, se veriam obrigados a pagar prémios indexados ao valor do automóvel novo e a receber indemnizações indexadas ao valor de mercado na altura da eventual ocorrência do sinistro, obviamente, um valor mais baixo. A motivação do legislador é a protecção do consumidor numa situação em que a referência para a definição do prémio é um valor do bem automóvel ao qual se reconhece uma desvalorização, seja ela mais ou menos elevada. Reconhece-se essa desvalorização mas dificilmente se quantifica. As seguradoras teriam, então, duas hipóteses: fazer uma inspecção individual anual a cada automóvel segurado, ou, em alternativa, a escolhida, aplicar um método de reavaliação dos automóveis com base num critério essencialmente temporal, considerando as características base do automóvel e um uso normal, ou seja, determinando o seu valor residual.

Em qualquer dos casos, das gestoras de frota, das *rent-a-car* ou, noutra perspectiva, das seguradoras, os automóveis podem ser comparados a activos de uma

carteira de investimento. A avaliação do risco dessa carteira, passa pela definição dos respectivos residuais, que, na qualidade de estimativas, para além de todos os factores objectivos e subjectivos já mencionados, estarão sujeitas ao maior ou menor conservadorismo do avaliador/empresa.

### 3. Enquadramento teórico

Neste ponto apresentam-se brevemente, não de forma exaustiva, as teorias que enquadram o tema dos valores residuais de automóveis. Em primeiro lugar, descreve-se a teoria subjacente às Regressões Hedónicas segundo a qual um determinado produto não é mais do que um cabaz de características base desse produto. Nesse sentido, a procura e o valor/utilidade atribuídos a esse produto são, de facto, uma procura e valorização implícitas das características base desse produto e, nessa perspectiva, o automóvel é um exemplo típico das aplicações sobre regressões hedónicas. Em segundo lugar, apresenta-se o *Capital Asset Price Model* que, apesar de não ser alvo de modelização neste trabalho, tem ideias chave relevantes para os residuais, como por exemplo, a lógica da composição de uma carteira de activos financeiros pode ser comparada à da composição de uma frota de automóveis.

#### 3.1. Regressões Hedónicas

Na base da teoria das regressões hedónicas está a intuição ou a hipótese de que o valor ou a utilidade dos produtos resulta da utilidade proporcionada pelos vários atributos básicos desses produtos, ou seja, da sua qualidade. A qualidade do bem tem aqui um sentido lato e significa o conjunto, ou cabaz, das características e respectivas combinações que resultam em diferentes variedades ou modelos do bem final ou composto. Nesta perspectiva, entende-se que a procura e a oferta de um determinado bem resultem, efectivamente, da procura e oferta implícitas das características desse bem. Cowling e Cubbin (1971) ilustram bem esta ideia quando afirmam: “A procura de

automóveis é a procura de um conjunto de serviços de transporte tal como a velocidade, conveniência, capacidade e conforto”. Também o preço desse bem, resultante do confronto da oferta e da procura, é encarado como uma função dos preços implícitos, ou valorizações, atribuídos às respectivas características. Apesar das variadas aplicações possíveis das regressões hedónicas, o principal interesse e objectivo de toda a análise e literatura realizadas com regressões hedónicas tem sido, no entanto, direccionados para a correcção dos índices de preços, correcção essa motivada pelos acréscimos de qualidade.

De facto, a correcção dos índices é possível via regressões hedónicas pois permitem distinguir duas componentes responsáveis pela variação (aumento) dos preços: uma de inflação pura e outra relativa a variações (aumentos) da qualidade incorporada no bem provocada, por exemplo, por uma alteração dos gostos do consumidor por modelos de melhor qualidade. Estimando regressões hedónicas, obtém-se por um lado estimativas das variações médias da qualidade e, por outro, índices de preços corrigidos da qualidade. O interesse em corrigir os índices de preços é óbvio, já que sobrestimar a inflação pode acarretar erros a vários níveis como sejam o de medir mal o crescimento económico, os agregados económicos, a produtividade, etc. É fácil aumentar o leque das consequências de uma inflação mal medida se se tiver em conta que a inflação, calculada a partir dos Índices de Preços do Consumidor (IPC), é, em muitos casos, a referência usada para a actualização dos salários, das rendas habitacionais ou de algumas prestações sociais. Tornou-se, assim, uma necessidade corrigir os IPC das variações da qualidade de alguns produtos que o compõem, especialmente daqueles produtos que têm um nível elevado de tecnologia incorporada e

que por norma evoluem muito rapidamente, como é o caso dos automóveis, dos computadores e dos telemóveis. A maior parte das aplicações das regressões hedónicas referem-se, precisamente, a preços de automóveis ou computadores. Além do nível de tecnologia ser tipicamente elevado, são ainda produtos cuja componente de diferenciação de modelos (sendo a diferenciação uma característica dominante deste tipo de produtos) é definida pelas diferentes composições dos atributos base.

De notar ainda que, a correcção da qualidade se torna necessária não só quando se comparam preços de bens com níveis diferentes de tecnologia num determinado momento no tempo mas também, quando se comparam os preços dos bens ao longo do tempo. No seu trabalho pioneiro, Court (1939), usa regressões hedónicas para determinar índices de preços dos automóveis corrigidos da qualidade. No fim dos anos 30 a General Motors (GM) é acusada de abuso da sua posição monopolista sendo-lhe apontado, entre outras coisas, um aumento de 45% do preços das suas marcas de automóveis entre 1925 e 1935. Perante a hipótese de ser alvo de medidas governamentais restritivas, no sentido de lhe controlar os preços a fim de estabilizar a economia e diminuir o desemprego, em 1939 a GM patrocina um estudo realizado por Court, da *Automobile Manufacturers' Association*, com o qual pretendia que se apurasse o efeito efectivo das variações dos preços das vendas no volume total de vendas.

O índice de preços de automóveis oficial, nessa altura, baseava-se numa lista de preços médios dos automóveis que apenas distinguiam a marca, não tendo em conta quaisquer especificações do automóvel, nem nível de equipamentos nem a respectiva qualidade. Court escolhe as variáveis para o seu modelo tendo em conta uma



perspectiva hedónica dos produtos: para ele um bem ou serviço é algo que proporciona utilidade e bem estar a quem o compra e o respectivo preço, por definição, deve então ser um reflexo da valorização desse nível de utilidade/felicidade. Sendo que é impossível medir directamente essa utilidade proporcionada pelo produto, automóvel, no caso, torna-se, então, necessário escolher as variáveis que permitam obter uma medida aproximada. Essas variáveis não são mais do que as características do automóvel: a potência, a velocidade, a segurança, o espaço, etc. Baseado na informação que tinha disponível, considerando os modelos novos introduzidos no mercado nos anos 1925, 1926 e 1927 elegeu três características que pareciam mais importar aos consumidores e estimou a seguinte equação hedónica:

$$\ln P_i = \alpha_0 + \alpha_1 * D_{1926,i} + \alpha_2 * D_{1927,i} + \beta_1 * WT_i + \beta_2 * LH_i + \beta_3 * HP_i + u_i \quad (3.1.1)$$

em que  $\ln P_i$  se refere ao logaritmo do preço do modelo  $i$ .  $D_{1926,i}$  é uma variável *dummy* que toma o valor 1 se o modelo for novo em 1926 e zero caso contrário, a mesma interpretação para  $D_{1927,i}$  para o ano 1927. Se o modelo for de 1925, o termo independente coincide com  $\alpha_0$ .  $WT$  refere-se ao peso do modelo  $i$ ,  $LH$  à distância entre eixos e, finalmente,  $HP$  refere-se à potência.

A importância desta equação na obtenção de um índice corrigido da qualidade vem da interpretação dos coeficientes  $\alpha_1$  e  $\alpha_2$ . Assim, se em dois anos consecutivos as especificações das características não se alterarem, a diferença entre  $\ln P_{1926}$  e  $\ln P_{1925}$ ,  $\hat{\alpha}_1$ , surgirá apenas por motivos de alteração do preço. Neste caso, o índice de preços

corrigido da qualidade será  $e^{\alpha_1}$ . Este tipo de interpretação pode generalizar-se no contexto das regressões dos mínimos quadrados em que um coeficiente de uma variável explicativa representa a variação da variável dependente quando essa variável explicada varia e todas as outras permanecem constantes. Com aquele modelo hedónico pode-se ainda testar a importância conjunta ( $\beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = 0$ ) ou individual das características ( $\beta_3 = 0$ , por exemplo), a hipótese da alteração dos preços se dever única e exclusivamente ao aumento de qualidade e não à inflação ( $\alpha_1 = \alpha_2 = 0$ ), etc.

Court, no seu estudo, concluiu que o índice de preços dos automóveis corrigido da qualidade diminuiu 55% apesar do índice oficial não corrigido, e até então disponível, registar um aumento de 45%. É um bom exemplo da disparidade de resultados que se podem obter se se optar por corrigir ou não um índice de preços. Apesar do resultado do estudo de Court ser tão revelador, só em 1961 o trabalho de Zvi Griliches, considerado o pai da análise moderna de preços hedónicos, veio motivar um enorme desenvolvimento de trabalhos teóricos e empíricos.

São várias as questões econométricas típicas que se colocam e analisam no âmbito da estimação das regressões hedónicas. Logo à cabeça vêm as da forma funcional a adoptar, do método de estimação e da escolha da variável dependente (preço ou o logaritmo dos preços). A decisão relativa a cada uma destas questões deve ser tomada caso a caso, tendo em conta o objectivo em vista. Outra questão relevante diz respeito à escolha das variáveis explicativas usadas, tendo em conta que o objectivo final é medir a qualidade. O problema é que há variáveis relevantes na determinação da qualidade, mas que não se conseguem medir directamente, apenas através de variáveis

aproximadas, a necessidade de manutenção de um automóvel, por exemplo, pode ser aferida através da nacionalidade da marca. Esta aproximação pode, todavia, traduzir-se nalgum enviesamento, já que se pode errar por excesso ou por defeito, captando outros efeitos além dos originalmente desejados. Outro problema típico consiste na impossibilidade de definir a totalidade das variáveis relevantes e, assim, omitindo-as do modelo, incorre-se num enviesamento da estimativa dos parâmetros. Há ainda outra questão relativa à estabilidade dos parâmetros estimados das regressões hedónicas ao longo do tempo.

Conforme já se referiu, o resultado da procura/oferta e o preço final de determinado bem explícito numa regressão hedónica, podem traduzir, em última análise, a procura/oferta implícitas, assim como os preços implícitos, das características básicas inerentes a esses bens. Alterações nestas relações de procura/oferta implícitas podem, conseqüentemente, significar alterações nas estimativas dos parâmetros das regressões hedónicas do preço do bem “composto”.

As regressões hedónicas têm tido mais aplicações no âmbito da definição dos preços dos carros além da correcção dos índices de preços. Apenas para nomear algumas refira-se o artigo de Cowling e Cubin (1971), onde se pretende explicar o comportamento do mercado oligopolista de carros no Reino Unido desde o final da década de 50 até ao final da década de 60. O estudo realizado permitiu concluir que os preços ajustados da qualidade eram factores determinantes da quota de mercado e da sua evolução. Conseqüentemente permitiu definir a curva da procura enfrentada pelas firmas assim como o grau de monopólio existente. Paralelamente verificou-se que os

preços ajustados da qualidade eram igualmente factores determinantes das despesas de publicidade. Mertens e Ginsburgh (1985) analisaram a diferenciação dos produtos e as imperfeições nos mercados como causa explicativas da diferenciação dos preços. Uma aplicação, de interesse actual, Ohta e Griliches (1986), estudaram o impacto do aumento do preço da gasolina na alteração dos gostos dos consumidores. Para finalizar, no âmbito da correcção dos índices de preços, surge como uma referência recorrente Triplett (1969).

No contexto desta tese, a utilização de uma regressão hedónica explica-se pela natureza do próprio objectivo: modelizar o preço residual dos automóveis no fim do período contratado de utilização a partir de um conjunto de características base desses automóveis. Conforme já mencionado, existe a convicção de que o valor do automóvel depende, em grande parte, do valor do conjunto das suas características base e, mais do que isso, que a diferenciação dos valores residuais entre as diversas marcas (e também segmentos) se define, precisamente, a partir da diferenciação daquelas características. Até que ponto essas características são responsáveis pelo nível do preço final do automóvel, e quais as mais determinantes, é o que se pretende que o modelo revele.

Há, com certeza, inúmeros factores explicativos do valor do automóvel mas são um número mais ou menos limitado de características como a marca, o tipo de combustível, a cilindrada, a potência, que se conseguem definir ou quantificar no início do período de vida do carro, altura em que o decisor/gestor pretende definir o valor residual. Os outros factores, apesar de influentes, são mais imprevisíveis e nem sempre mensuráveis, como a moda ou a alteração das necessidades dos consumidores e, como

tal, impossíveis de modelizar. As marcas tentam antecipar e dirigir os gostos pessoais através da publicidade mas não se sabe no presente os resultados que essas acções terão no futuro e, no contexto da definição dos residuais, é uma componente que fica em aberto na modelização. Contudo, o facto do próprio decisor também não dispor dessa informação no momento em que tem de atribuir os valores residuais, e assim impossibilitar a respectiva utilização, vem anular o interesse potencial em quantificar ou modelizar os tais factores imprevisíveis.

Em resumo, existe uma parte do valor residual dos automóveis que não é possível medir nem modelizar e que na prática se reflecte no risco que decorre da própria actividade. Esse risco pode ter origem em vários factores, desde os que se relacionam com o sector específico do AOV ou do sector automóvel em geral, aos que se relacionam com aspectos externos, como a fiscalidade ou a conjuntura económica nacional e internacional. A forma como o mercado, em sentido lato, e o risco inerente a uma determinada actividade influenciam essa actividade, a sua organização e decisões, e os respectivos retornos é uma relação bem conhecida e estudada na teoria da economia financeira. Essa relação é expressa, mais concretamente, no modelo original de decisão da composição óptima de uma carteira de activos, o *Capital Asset Price Model* (CAPM), do qual se segue uma breve descrição.

### 3.2. O *Capital Asset Price Model (CAPM)*

O *CAPM* é o modelo de referência da teoria moderna de análise e composição da carteira de activos<sup>3</sup> da economia financeira que, resumidamente, define os retornos esperados de qualquer activo como uma função do *portfolio* de mercado. Este modelo, da autoria de Markowitz, foi apresentado em 1952 surgindo mais tarde, em 1959, uma versão mais completa, também da autoria de Markowitz. Em 1976, Stephen A. Ross apresentou uma generalização do *CAPM*, o *Arbitrage Pricing Model (APM)* com hipóteses menos restritivas do que o *CAPM*. A principal diferença entre os dois modelos é que o *APM* permite que outros factores ou variáveis explicativas, além do prémio do risco de mercado, influenciem o retorno dos activos. A intuição e os conceitos base do *CAPM* e do *APM* são, no entanto, comuns e apresentam-se suficientes e úteis para caracterizar parte do que está envolvido quando se pretende maximizar o retorno do investimento de uma empresa gestora de frotas. Nesta secção, e no seguimento da analogia feita entre os automóveis de um frota e os activos de uma carteira de activos de um investidor, identificam-se os aspectos principais da teoria do *CAPM* e desenvolve-se de seguida uma comparação ou paralelismo mais ou menos aprofundados dos objectivos e dos conceitos de ambos os modelos. De facto, o objectivo da determinação de uma fórmula de cálculo do retorno do investimento, da maximização desse retorno, do retorno estar associado a um prémio de risco e a ideia da diversificação da carteira ser necessária para minimizar o risco são comuns a um investidor da bolsa e um gestor de frotas.

---

<sup>3</sup> Em inglês, *portfolio*.

Na base da teoria do *CAPM* está a hipótese de racionalidade dos agentes no mercado de títulos que se traduz no objectivo de maximização do retorno dos investimentos. Para atingirem esse objectivo, os agentes tentam, antes de mais, definir uma fórmula que lhes permita prever o retorno perante vários cenários de investimento e, assim, definir a composição ideal da sua carteira, ou seja, aquela que maximiza o retorno. Mas não é fácil definir essa equação, pelo menos não o é no momento em que tem de tomar a decisão dos títulos que deve incluir. A escolha da composição da carteira não seria difícil *a posteriori*, depois de saber se os títulos tinham sofrido uma valorização ou uma desvalorização no mercado. No entanto, a decisão é feita *ex-ante* e, assim, o que é possível definir é uma taxa de retorno esperada,  $r$ , que se define como:

$$r = \frac{(p_1 + d - p_0)}{p_0} \quad (3.2.1)$$

em que  $p_1$  é o preço do activo no fim do período,  $p_0$  é o preço do mesmo activo no início do período e  $d$  são os dividendos (se for o caso desse título). Os investidores pretendem não só definir a taxa de retorno esperada, ou a mais provável, como também definir uma distribuição possível para  $r$  já que esta se define como sendo uma variável aleatória. É a distribuição destes retornos que caracteriza o risco associado ao investimento, que por sua vez explica a existência de diferentes retornos. No caso em que se escolhe a distribuição normal para descrever a distribuição dos retornos, o valor esperado e a variância são suficientes para a caracterizar. Se for de facto este o caso, a média define o valor esperado do investimento e o desvio padrão serve de medida de risco dos retornos esperados.

Naturalmente, os investidores preferem retornos altos a baixos. Além disso, a maioria dos investidores é avessa ao risco, ou seja, dado um mesmo retorno preferem baixo risco a alto risco. Só estão dispostos a assumir um risco elevado se tiverem em expectativa a recompensa de um retorno elevado, do mesmo modo, só estarão dispostos a aceitar um investimento de baixo retorno se o risco envolvido for baixo. Por isso, os investimentos mais arriscados oferecem a expectativa de um valor maior como compensação e os menos arriscados, um valor mais baixo. Existe, portanto, um *trade-off* entre retorno e ausência de risco. Aquilo que cada investidor está disposto a assumir de risco depende então do chamado prémio de risco, que se define pela diferença entre a taxa de retorno esperada e a taxa mínima de retorno (mais ou menos garantida, que todos os activos rendem e que corresponde, muitas vezes, às taxas de juro dos títulos da dívida pública de curto prazo, na maturidade). Depende igualmente da propensão ou gosto que cada investidor tem pelo risco. A carteira ideal será aquela que conseguir combinar o mínimo risco possível com o máximo retorno compatível. Determinar essa carteira ideal passa pela gestão do risco que, por sua vez, está associada à denominada diversificação da carteira.

A formalização matemática baseada na intuição de Markowitz pretende demonstrar que a diversificação de uma carteira de investimentos diminui o risco. Assim, supondo que a distribuição dos retornos tem uma distribuição normal, o retorno esperado de um *portfolio*,  $r_p$ , corresponde à média ponderada dos retornos de cada um dos activos ( $r_i$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$ ) desse *portfolio* em que os ponderadores ( $w_i$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$ ) são o peso de cada activo nesse *portfolio*:



$$r_p = w_1 r_1 + w_2 r_2 \quad (3.2.2)$$

e o risco do *portfolio*,  $\sigma_p^2$ , conforme já referido, corresponde à variância/desvio padrão:


$$\sigma_p^2 = w_1^2 \sigma_1^2 + w_2^2 \sigma_2^2 + 2w_1 w_2 \sigma_{12} = w_1^2 \sigma_1^2 + w_2^2 \sigma_2^2 + 2w_1 w_2 \rho_{12} \sigma_1 \sigma_2 \quad (3.2.3)$$

em que  $\sigma_j$  é o desvio padrão do retorno do activo  $j$  ( $j=1,2$ ),  $\sigma_{12} = \sigma_1 \sigma_2 \rho_{12}$ , a covariância dos retornos dos activos 1 e 2, e finalmente  $\rho_{12}$  é o coeficiente de correlação entre os activos 1 e 2.

Demonstrar que o risco diminui com a diversificação, significa demonstrar que sem um coeficiente de correlação perfeito (igual a um), ou seja,  $-1 < \rho_{12} < 1$ , quanto mais baixo for  $\rho_{12}$  menor será  $\sigma_{12}$  assim como  $\sigma_p^2$ . Note-se que a variância de um *portfolio*, considerada a medida de risco inerente, depende não só das variâncias individuais dos diversos activos mas também das respectivas covariâncias. Assim, pela equação 3.2.3 podemos verificar que se a correlação entre os activos for máxima, ou seja, se  $\rho_{12}$  for igual a 1, a covariância,  $\sigma_{12}$ , atingirá o seu valor máximo, para umas dadas variâncias  $\sigma_1$  e  $\sigma_2$ , e consequentemente  $\sigma_p^2$  atingirá também o seu valor mais elevado. Se a correlação for oposta, ou seja, se  $\rho_{12}$  for igual a  $-1$ , a medida do risco de carteira atingirá o seu valor mais baixo. Isto quer dizer que quanto menos parecidos forem os activos, no sentido de reagirem de forma diferente aos mesmos factores de mercado ou simplesmente reagirem a factores diferentes uns dos outros, mais garantias

existem de que o baixo retorno de um determinado activo possa ser compensado por um maior retorno de outro activo. Esta ideia é simples de perceber porque é bastante intuitiva, se não vejamos. Se um investidor aplicar todo o seu dinheiro em acções de empresas de um único sector da economia, perante uma crise desse sector, esse investidor ficará completamente vulnerável e exposto a essa crise e toda a sua carteira sofrerá uma desvalorização.

Um tipo de diversificação mais abrangente, ainda que a lógica subjacente seja a mesma, poderia ocorrer se se usassem vários tipos de títulos. Assim, se se considerar as acções um grande grupo de títulos, títulos de alto risco, diversificar a carteira passa por deter simultaneamente activos de baixo risco, como obrigações ou certificados de aforro. Ao contrário das acções, que numa perspectiva de longo prazo podem proporcionar um maior retorno, este tipo de títulos têm um retorno inferior e mais ou menos previsível, por não serem tão vulneráveis à conjuntura económica e portanto não sofrerem tantas flutuações. A título de exemplo ou ilustração do que se disse, imagine-se três investidores, um que detém apenas acções, outro apenas obrigações e um terceiro que detém ambos os títulos. Imagine-se ainda um contexto de subida das taxas de juro. Perante este cenário, tipicamente, as empresas retraem os seus investimentos e aumentam a liquidez para fazer face a situações imprevistas. Em paralelo, as pessoas procuram liquidez para poderem investir em activos que tenham a taxa de juro como referência (o valor das obrigações está normalmente indexado às taxas de juro) e vendem acções. O resultado combinado do procedimento das empresas e das pessoas traduz-se numa desvalorização das acções. Neste contexto, o detentor de acções verá a sua carteira desvalorizar, o detentor de obrigações verá as suas obrigações valorizar e o



detentor de uma carteira mista verá a componente de acções desvalorizar mas a sua componente de acções valorizar, dependendo o resultado final da ponderação de cada um dos tipos de títulos na carteira. Num contexto oposto de descida das taxas de juro, e de forma muito simplista, o investidor em acções vai ver a sua carteira valorizar, o de obrigações desvalorizar e o da carteira mista vai ter uma componente que valoriza e outra que desvaloriza. O que se verifica em qualquer dos contextos é que o investidor que tem a carteira mista está menos vulnerável às oscilações do mercado enquanto que os outros dois estão expostos ao risco.

A diversificação pode ocorrer com mais do que dois tipos de activos. Também no caso de haver  $n$  activos, o risco da carteira, ou a sua variância, depende não só das variâncias individuais dos activos mas igualmente das respectivas covariâncias entre os vários títulos, conforme se vê na fórmula de cálculo

$$\sigma_p^2 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_i w_j \sigma_{ij} = \sum_{i=1}^n w_i^2 \sigma_i^2 + 2 \sum_{i=1}^n \sum_{j=i+1}^n w_i w_j \sigma_{ij} \quad (3.2.4).$$

Quanto maior for  $n$  maior será a importância relativa das covariâncias dos activos na variância do *portfolio* e menor será a importância individual da variância de cada activo. O princípio de optimalidade do *portfolio* usa, no entanto, conceitos marginais e não médios mas o sentido é idêntico. Segundo este princípio, se dois títulos num *portfolio* têm a mesma variância marginal (ou seja, risco marginal – aquele que deriva da variação do risco devido à incorporação de um determinado activo na carteira) mas diferentes retornos, o *portfolio* não é óptimo pois não proporciona o retorno máximo para um dado nível de risco. Nesse caso, o *portfolio* não é óptimo pela seguinte razão:

seria possível obter um retorno superior sem aumentar o risco se se detiver mais quantidade do activo com retorno mais elevado. De forma idêntica, num *portfolio* óptimo, os activos com variâncias marginais idênticas, têm de ter retornos esperados idênticos.

Além de todas estas intuições e conceitos, o *CAPM* proporciona ainda uma abordagem simples que permite demonstrar que a relação entre risco e retorno é linear. Nesta relação linear baseia-se, por sua vez, a decisão da escolha do *portfolio* óptimo. De modo a determinar a relação linear entre risco e retorno, suponha-se uma carteira composta por um activo  $a$ , que representa um *portfolio* de um investidor e um activo  $f$ , que representa um activo sem risco que compõe a carteira. Defina-se para essa carteira as equações 3.2.5 e 3.2.6 que medem, respectivamente o retorno esperado do *portfolio* e o risco associado (de acordo com o que já se havia definido equação 3.2.2 e 3.2.3)

$$r_p = (1 - w_a)r_f + w_a r_a \quad (3.2.5)$$

$$\sigma_p^2 = w_a^2 \sigma_a^2 + (1 - w_a)^2 \sigma_f^2 + 2w_a(1 - w_a)\sigma_{af} \quad (3.2.6)$$

Como  $f$  não tem risco,  $\sigma_f^2 = \sigma_{af} = 0$ , ou seja,  $\sigma_p^2 = w_a^2 \sigma_a^2$  ou  $\sigma_p = w_a \sigma_a$  e  $r_p$  pode escrever-se da seguinte forma:

$$r_p = r_f + \left[ \frac{r_a - r_f}{\sigma_a} \right] \sigma_p \quad (3.2.7)$$

que não é mais do que uma relação linear e positiva entre  $r_p$  e  $\sigma_p$ , ou seja, o retorno e o risco do *portfolio*. Esta relação linear entre  $r_p$  e  $\sigma_p$  mostra que o retorno esperado do investidor tem um limiar mínimo equivalente ao do activo sem risco,  $r_f$ , mais uma parcela que é directamente proporcional a  $\sigma_p$  e que representa a recompensa pelo risco e, por isso, é tanto maior quanto maior for a proporção investida no *portfolio a*, ou seja, quanto maior for  $(r_a - r_f)/\sigma_a$ .

Surge, antes de mais, uma primeira questão relacionada com a definição do *portfolio a*. Quais as combinações alternativas dos activos base do *portfolio a*? Sem entrar em detalhes, as várias combinações de activos dispostas num diagrama  $(\sigma, r)$  (diagrama de risco vs retorno) representariam uma curva que se designa de “fronteira de risco-retorno”. Cada ponto dessa curva representa uma combinação dos activos com os respectivos níveis de risco e retorno, ou seja, um *portfolio* de risco que o investidor estivesse disposto a deter. No exemplo em cima chamou-se ao *portfolio* de risco escolhido *portfolio a*. Surge então a questão fulcral: Qual é afinal a combinação óptima de risco e retorno? Qual a combinação ideal de  $a$  e  $f$ ?

De acordo com o *CAPM* a estratégia óptima, ou a proporção de activos óptima, é idêntica àquela que se verifica no mercado, devendo-se depois ajustá-la, de acordo com as preferências pessoais pelo risco, comprando ou vendendo activos ao preço da taxa de retorno sem risco. O processo de obtenção do *portfolio* ideal consiste em ir verificando se para o nível de risco pretendido existem outros activos que proporcionem mais retorno e, se sim, então reajustar a carteira comprando/vendendo activos. O *portfolio*

ótimo, é aquele onde a recta que define a relação risco retorno – no espaço  $(\sigma_p, r_p)$  – é tangente à curva da fronteira de risco-retorno.

A diversificação diminui o risco pelo facto do preço entre os diferentes títulos não ser perfeitamente correlacionado,  $-1 < \rho_{af} < 1$ . Estudos realizados demonstram ainda que o benefício máximo obtido com a diversificação se atinge com relativamente poucos activos<sup>4</sup>. Todavia, a diversificação consegue diminuir apenas o chamado “risco específico”, ou “risco não sistemático”, associado a títulos (empresas) específicos(as). Não consegue, no entanto, eliminar o “risco de mercado”, ou sistemático, que é comum a todas as empresas. São riscos iguais para todos os títulos, transversais à economia e que, por isso, não se elimina simplesmente por adicionar ou retirar activos à carteira.

No contexto do modelo de valores residuais de automóveis, pode-se encarar uma frota automóvel como um *portfolio* onde no lugar dos activos financeiros existem antes automóveis e, tal como no caso dos activos financeiros, o que se pretende antes de mais nada é definir uma fórmula que preveja a rentabilidade de modo a ser possível maximizá-la, optando pela composição de carteira mais adequada. A fórmula identificada da taxa de retorno,  $r = (p_1 + d - p_0)/p_0$ , é equivalente à fórmula do valor residual de um automóvel em que  $p_1$  e  $p_0$  são, respectivamente, o preço pelo qual se vende o carro no fim do contrato e o preço pelo qual se comprou o carro novo e  $d$  será a rentabilidade, por exemplo, dos serviços extra vendidos no pacote AOV.

---

<sup>4</sup> Um estudo de Wagner e Lau (1971), refere que a partir de 10 activos, o benefício da diversificação é tendencialmente zero.

A rentabilidade da carteira, no caso dos carros, não deriva propriamente da valorização do activo “automóvel” já que o automóvel é um activo muito especial pois, com excepção dos modelos que passam a ser considerados de colecção, desvaloriza-se sempre desde o momento em que é adquirido. A rentabilidade depende antes do valor acrescentado do serviço vendido, cuja base é o aluguer do carro e dos descontos de quantidade que as gestoras de frota têm na qualidade de grandes compradores face aos consumidores individuais ou de menor dimensão e que se reflectem na margem da venda do carro. O risco associado está directamente relacionado com o nível de desvalorização que o carro sofre. A desvalorização é difícil de prever porque é difícil de quantificar e de situar no tempo. Tanto pode estar associada a alterações de preferências dos consumidores por determinadas características como a alterações ao nível fiscal. Em Portugal, por exemplo, os automóveis são fiscalmente mais penalizados quanto maior for a respectiva cilindrada. Independentemente das alterações que possam ocorrer, elas podem ocorrer durante o contrato, depois de estabelecido o preço do serviço de AOV, o que não deixa espaço para ajustamentos de preços. Na realidade, o risco também existe do lado do cliente que pode estar a pagar uma mensalidade baseada em pressupostos que se verificavam aquando da contratação do serviço e que entretanto deixaram de se verificar.

A ideia da diversificação, exposta para os activos financeiros, tem razão de ser também no caso dos automóveis no sentido em que não é possível adivinhar ou prever com total rigor o valor do automóvel no futuro. Diversificar a frota significa comprar várias marcas e vários modelos e especialmente perceber, com ajuda do passado, até que ponto o mercado penaliza a idade dessas marcas ou modelos ou segmentos.

Pretende-se, afinal, com a diversificação diminuir o risco de ter em carteira os automóveis que mais se desvalorizam. No entanto, nem sempre é possível à gestora de frota definir os carros que há-de ter na sua frota, pois a situação, porventura a mais comum, será a do cliente definir o carro que pretende comprar. Muitas vezes é preciso assumir riscos calculados numa perspectiva de não perder um cliente de referência, os chamados “clientes políticos”, ou de ganhar quota de mercado, por exemplo. Assim, a margem de manobra da gestora de frota na gestão do risco está principalmente na definição dos valores residuais dos automóveis da sua frota.

Tal como a composição da carteira é definida *ex-ante* relativamente ao comportamento do mercado, também o valor residual é definido *ex-ante*, sendo este o aspecto em que reside parte do risco das gestoras de frota. O residual é definido de forma mais ou menos conservadora consoante se atribui um valor residual mais baixo ou mais alto, respectivamente. Se houver confiança de que um determinado automóvel terá um bom valor de mercado no fim do contrato, que será fácil vendê-lo a um preço alto, o valor residual desse automóvel pode ser alto e o cliente usufruir de uma prestação de *renting* mais baixa.

A diversificação, para além da variedade de marcas e modelos de automóveis, também pode verificar-se ao nível da diversificação do próprio pacote de serviços associados ao AOV assim como a manutenção, o pagamento da Via Verde, os seguros de danos próprios assumidos pela própria gestora de frota, etc. Assim, ao vender vários serviços associados ao aluguer do automóvel, está a diminuir-se o risco de perder dinheiro com uma eventual desvalorização mais acentuada e imprevisível do automóvel.



Ou seja, no caso do valor de mercado do automóvel no fim do contrato do AOV ser inferior ao valor residual desse mesmo automóvel, definido no início do contrato de AOV, a gestora de frota pode ser compensada através da venda de outros serviços. Alguns deles, como a gestão do pagamento da Via Verde, por exemplo, são serviços prestados a baixo custo e simultaneamente são serviços a que o cliente facilmente adere, o que se traduz numa excelente oportunidade de acrescentar valor ao serviço de AOV e receber a respectiva margem de lucro como compensação.

## 4. Questões econométricas

A teoria económica tem como objectivo final estudar e compreender os diversos fenómenos económicos, e isso implica estudar as relações entre as variáveis económicas, nomeadamente, identificar os seus mecanismos de interacção, as suas causas e consequências. Com este fim, definem-se relações exactas, ou melhor, determinísticas, entre as variáveis sob a forma de funções através das quais se determina para cada variável explicativa um único valor possível para a variável explicada. Exemplificando com o caso dos valores residuais dos automóveis, poder-se-ia dizer que um qualquer automóvel com uma determinada marca, um determinado nível de quilómetros, número de portas, cilindrada, ano de matrícula, etc., ao fim de um ano, por exemplo, valeria exactamente um determinado valor.

Todavia, na realidade, as relações empíricas não são determinísticas e é possível verificar um leque de valores residuais para o mesmo nível e combinação de variáveis explicativas. Usando o exemplo dos automóveis, para obter diferentes valores médios de residuais, bastaria, provavelmente, aumentar o número de observações ou introduzir no modelo uma nova variável explicativa, ou ainda verificar a venda noutra altura do ano ou noutra região do país. É, assim, evidente a divergência entre a realidade e a teoria. Parte desta divergência poderia ser explicada pela ausência de variáveis explicativas importantes na definição do comportamento da variável explicada. Se fosse esse o caso, a dispersão das variáveis explicadas poderia diminuir à medida que se incluem variáveis explicativas relevantes. Ainda assim, a dispersão nunca seria nula e haveria sempre uma parte da realidade que a teoria não conseguiria modelizar e

explicar. Apesar disso, as funções teóricas e determinísticas, continuam a proporcionar a melhor aproximação possível à realidade. O intuito desta tese é, em última análise, definir uma forma teórica e um modelo econométrico, que a partir das variáveis explicativas disponíveis, permita estimar e estudar os valores residuais dos automóveis usados.

O valor residual de um automóvel é o valor que esse automóvel tem num determinado momento do seu tempo de vida. Se se tiver de definir o valor residual para um momento no futuro, chegado esse momento, o automóvel não vale necessariamente o valor residual previsto no passado, mas antes aquilo que o mercado o valorizar. *A posteriori*, pode-se considerar que o valor residual foi bem atribuído se se “acertar” no preço da venda do automóvel usado. Assim, consoante os dados disponíveis, o valor residual pode definir-se de duas formas: uma absoluta e outra relativa. A primeira traduz-se no valor de venda do automóvel usado (que corresponde à diferença entre o valor do automóvel novo e a respectiva desvalorização). A forma relativa do residual define-o como uma percentagem ou proporção entre o valor do automóvel no fim do período considerado e o valor em novo, diz-se que um automóvel vale  $x\%$  do respectivo valor em novo, ao fim de um determinado período.

Neste capítulo, apresentam-se as duas grandes referências em termos de métodos de estimação econométrica que foram tidas em conta na estimação do modelo de valores residuais de automóveis usados. No contexto do modelo de regressão clássico, a regressão linear dos mínimos quadrados (*Ordinary Least Squares, OLS*) foi o método econométrico cuja utilização mais se generalizou não só pela utilidade e conveniência

das propriedades que verifica em condições não muito exigentes, como pela sua fácil tratabilidade e interpretação. Contudo, como contrapartida da sua vasta aplicabilidade, revela não ser o mais adequado em determinados contextos mais específicos. É o caso dos modelos cuja variável explicativa é uma proporção que, como tal, varia entre 0 e 1, como o dos valores residuais. Esta característica específica não é compatível com a linearidade do estimador OLS, tornando-se, assim, necessário recorrer a alternativas, quer para a forma funcional quer para a inferência do modelo que se pretende estimar. No primeiro ponto deste capítulo, apresentam-se, então, as alternativas sugeridas por Papke e Wooldridge (1996) que consistem, resumidamente, na aplicação do método da Quase Máxima Verosimilhança a uma forma funcional específica compatível com o tipo de variável explicada em causa. O modelo sugerido goza ainda das propriedades assintóticas habituais. Finalmente, no ponto 4.2, apresenta-se a Regressão de Quantis, um outro método de estimação, que tem, nas circunstâncias presentes, algumas vantagens em relação ao OLS e, por isso, será utilizado como método de estimação do intervalo de confiança de 90%, do valor esperado dos valores residuais. Além de que, também goza das propriedades assintóticas habituais.

#### **4.1. Papke e Wooldridge (1996)**

No caso em que se considera o residual como uma proporção, está a assumir-se uma variável dependente fraccional, ou seja, cujos valores se situam entre zero e um. Existem muitos dados económicos com esta característica, no entanto, este tipo de variáveis dependentes levanta questões e problemas interessantes relativamente à forma funcional dos respectivos modelos e quanto à inferência. Papke e Wooldridge (1996)

descrevem os problemas que surgem com aquele tipo de variáveis, apresentam as soluções habitualmente adoptadas e as respectivas limitações, propondo, finalmente, uma alternativa que permite estimar um modelo cuja variável explicada é uma variável fraccional evitando os problemas das soluções típicas. Esta alternativa passa por sugerir uma forma funcional do modelo que é por natureza uma função que varia entre zero e um e um método de estimação robusto e relativamente eficiente sob certas condições. Propõem ainda testes de especificação para esse modelo. Desenvolve-se, de seguida, a argumentação de Papke e Wooldridge (1996).

Suponha-se uma variável dependente  $y$  em que  $0 \leq y \leq 1$  e um vector de variáveis explicativas  $\mathbf{x}$ , de dimensão  $1 \times k$ , com  $\mathbf{x} = (x_1, x_2, \dots, x_k)$  e seja  $\boldsymbol{\beta}$  um vector  $k \times 1$ . A questão relativa à forma funcional do modelo com este tipo de variável resposta levanta-se porque o modelo

$$E(y | \mathbf{x}) = \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_k x_k = \mathbf{x}\boldsymbol{\beta} \quad (4.1.1)$$

raramente dá a melhor estimativa do valor de  $y$  condicionado em  $\mathbf{x}$ ,  $E(y | \mathbf{x})$ . Isto acontece principalmente porque  $y$  se encontra entre zero e um que é um intervalo muito pequeno. Seria necessário que se verificasse uma situação pouco comum em que o domínio de  $\mathbf{x}$  fosse de tal forma limitado que permitisse que  $\mathbf{x}\boldsymbol{\beta}$  se encontrasse sempre entre zero e um. Apesar de em parte se poder resolver o problema adicionando funções não lineares ao modelo, a principal questão é que não é garantido que, ainda assim, os valores previstos com base numa regressão linear como o OLS caiam no intervalo entre zero e um.

De modo a ultrapassar este problema, e como alternativa ao modelo apresentado, é habitual modelizar antes a transformação  $\log[y/(1-y)]$  como uma função linear. Como  $y$  se encontra entre zero e um, o modelo que se utiliza é o seguinte:

$$E\left\{\log\left[\frac{y}{(1-y)}\right] \mid x\right\} = x\beta \quad (4.1.2)$$

Ao contrário do modelo anterior, neste, a variável explicativa,  $\log[y/(1-y)]$ , pode assumir qualquer valor real desde que  $0 < y < 1$ , de modo a que  $[y/(1-y)] > 0$ , dando então sentido à modelização da regressão como uma função linear. Neste caso, já não é necessário “obrigá-la” a “encaixar-se” na faixa de zero a um. Contudo, resolvido um problema, surgem outros dois problemas. O primeiro tem a ver com o facto da equação não ser verdadeira se  $y$  tomar os valores zero ou um, casos em que se torna necessário um ajustamento antes de fazer o logaritmo. Mas além de ser difícil escolher os ajustamentos mais adequados, se a situação mais comum for  $y$  assumir os valores zero ou um, não será muito sensato utilizar sequer algum ajustamento, por melhor que seja. Este não é, contudo, um problema que surja no contexto da modelização dos valores residuais de automóveis já que os automóveis usados nunca valem o mesmo que em novos (ou seja,  $y$  será sempre diferente de 1) nem nunca valem zero (ou seja,  $y$  será sempre diferente de zero). O segundo problema do modelo 4.1.2 está relacionado com o seguinte: mesmo que a equação esteja bem definida, não se consegue estimar/recuperar  $E(y \mid x)$ , que é o objectivo inicial. Pela desigualdade de Jensen  $E[f(x)] \leq f[E(x)]$ , pelo que, mesmo que  $x$  e  $u$  (com  $u = \log[y/(1-y)] - x\beta$ ), sejam independentes, não é

possível obter  $E(y | x)$  operando a função inversa do logaritmo porque  $E(y | x) \neq \exp x\beta / [1 + \exp(x\beta)]$ .

A conclusão a que se chega é que é mais adequado estimar directamente  $E(y | x)$ . Pode-se estimar  $E(y | x)$  assumindo uma distribuição de  $y$  dado  $x$  e estimar os parâmetros dessa distribuição pela Máxima Verosimilhança mas não é garantido que os pressupostos habitualmente feitos sobre as distribuições resultem ou sejam verdadeiros em todas as aplicações. Papke e Wooldridge sugerem antes a utilização de uma função conhecida  $G(\cdot)$  em que, assumindo uma sequência de observações independentes  $\{(x_i, y_i) : i = 1, 2, \dots, N\}$ ;  $0 \leq y_i \leq 1$  e  $N =$  dimensão da amostra, se tem

$$E(y_i | x_i) = G(x_i \beta), \forall i \quad (4.1.3).$$

$G(\cdot)$  satisfaz  $0 < G(z) < 1, \forall z \in \mathbb{R}$ , garantindo, assim, que todos os valores esperados de  $y$  caiam no intervalo de  $[0, 1]$  pois  $G(\cdot)$  está bem definida mesmo que  $y_i$  tome o valor 0 ou 1.  $G(\cdot)$  é uma função de distribuição que pode ser representada pela função de distribuição normal standard,  $G(z) \equiv \Phi(z)$ , ou pela função de distribuição logística,  $G(z) \equiv \Lambda(z) \equiv \exp(z) / [1 + \exp(z)]$ .

Relativamente ao método de estimação, a equação 4.1.3 pode ser estimada pelo *non-linear least squares (NLS)* que permite estimar directamente o modelo  $E(y_i | x_i)$ . Mas, neste caso, além de ser necessária programação especial, se  $Var(y_i | x_i)$  não for constante, o estimador não será eficiente. A proposta dos autores é outra, eles propõem

um método específico de Quase Máxima Verosimilhança (*QMV*) como em Gourieroux, Monfort, e Trognon (1984) (GMT) e em McCullagh e Nelder (1989) (MN). Esse método baseia-se na estimação da função *log-likelihood* de Bernoulli dada por

$$l_i(b) = y_i \log[G(x_i b)] + (1 - y_i) \log[1 - G(x_i b)] \quad (4.2.4).$$

A função 4.2.4 está bem definida para  $0 < G(.) < 1$  e é útil por várias razões, entre as quais o facto de pertencer à *Linear Exponencial Family (LEF)*, o que faz com que o estimador de Bernoulli da *QMV* de  $\beta$ , obtido pela maximização do problema

$$\max_b \sum_{i=1}^n l_i(b) \quad (4.1.5)$$

seja consistente se a equação 4.1.3 se verificar (GMT (1984)). Além de consistente, o estimador de  $\beta$  é assintoticamente normal independentemente da distribuição de  $y_i$  condicional em  $x_i$  já que  $y_i$  pode ser contínua ou discreta. Se, além disso,

$$Var(y_i | x_i) = \sigma^2 G(x_i \beta) [1 - G(x_i \beta)], \quad \text{para algum } \sigma^2 > 0 \quad (4.1.6)$$

o estimador é eficiente. Porque 4.1.6 pode falhar, deve-se fazer inferência assintoticamente robusta para os parâmetros da média condicional. Para isso, determina-se a variância assintótica do estimador Bernoulli da *QMV* cuja estimativa é:

$$\hat{A}^{-1} \hat{B} \hat{A}^{-1} \quad (4.1.7)$$



com  $\hat{\mathbf{A}} \equiv \sum_{i=1}^N \frac{\hat{g}_i^2 \mathbf{x}_i' \mathbf{x}_i}{[\hat{G}_i(1 - \hat{G}_i)]}$  em que  $\hat{G}_i \equiv G(\mathbf{x}_i, \hat{\boldsymbol{\beta}}) \equiv \hat{y}_i$ ,  $g(z) \equiv dG(z)/dz$  e  $\hat{g}_i = g(\mathbf{x}_i, \hat{\boldsymbol{\beta}})$

e  $\hat{\mathbf{B}} \equiv \sum_{i=1}^N \frac{\hat{u}_i^2 \hat{g}_i^2 \mathbf{x}_i' \mathbf{x}_i}{[\hat{G}_i(1 - \hat{G}_i)]^2}$ ,  $\hat{u}_i \equiv y_i - G(\mathbf{x}_i, \hat{\boldsymbol{\beta}})$  são os resíduos entre  $y_i$  e a respectiva

expectativa condicional estimada.

No caso de 4.2.6 se manter, adicionalmente à equação 4.1.3, a variância é estimada de forma consistente da seguinte forma:

$$\hat{\sigma}^2 = (N - K)^{-1} \sum_{i=1}^N \tilde{u}_i^2 \quad (4.1.8)$$

com  $\tilde{u}_i \equiv \hat{u}_i / [\hat{G}_i(1 - \hat{G}_i)]^{1/2}$  a representar os resíduos ponderados. Neste caso, em que 4.1.6 se verifica, a variância de  $y_i$  condicionada em  $x_i$  é proporcional à variância da distribuição de Bernoulli, pelo que, segundo os resultados de GMT (1984), o estimador de Bernoulli da *QMV* é eficiente na classe dos estimadores da *QMV* na LEF.

## 4.2. Intervalos de Confiança com Regressão de Quantis

Conforme o OLS fornece um método adequado para estimar a média condicionada nas variáveis explicativas através de um problema de minimização da soma dos desvios quadrados, a Regressão de Quantis surge como um método estatístico, igualmente adequado, para estimar os modelos de quantis condicionados nas variáveis explicativas através de um problema de optimização que minimiza uma versão

assimétrica de uma função dos erros absolutos. Os quantis são proporções da função de distribuição da variável dependente. Por exemplo, se dividir a função de distribuição da variável resposta em quatro partes equiprováveis, cada uma delas representa um quantil, ou seja, 25% da distribuição. A formalização deste tipo de modelização introduzido por Koenker e Basset (1978), tem um forte paralelismo com o modelo de regressão clássico da média condicionada. No caso do modelo de regressão clássico, o facto da média da amostra resolver o problema

$$\min_{\mu \in \mathbb{R}} \sum_{i=1}^n (y_i - \mu)^2 \quad (4.2.1)$$

sugere que se se expressar a média condicional de  $y$ , dado  $x$ , como  $\mu(x) = x^T \beta$ , então  $\beta$  pode ser estimado resolvendo:

$$\min_{\beta \in \mathbb{R}^p} \sum_{i=1}^n (y_i - x_i^T \beta)^2 \quad (4.2.2)$$

Então, de forma análoga, se o  $\tau$ º quantil da amostra,  $\hat{\alpha}(\tau)$ , resolve o problema

$$\min_{\alpha \in \mathbb{R}} \sum_{i=1}^n \rho_{\tau}(y_i - \alpha)^2 \quad (4.2.3)$$

então, se se definir a função do  $\tau$ º quantil condicional como  $Q_y(\tau | x) = x^T \beta(\tau)$ <sup>5</sup>, considera-se que  $\hat{\beta}(\tau)$  resolve

$$\min_{\beta \in \mathbb{R}^p} \sum_{i=1}^n \rho_{\tau}(y_i - x_i^T \beta) \quad , \quad \rho_{\tau}(u) = u(\tau - I(u < 0)) \quad (4.2.4)$$

Segundo esta formalização, os quantis são expressos como soluções de um programa de optimização, o que possibilita a utilização de métodos mais gerais de estimar funções de quantis condicionados. O problema 4.2.4 pode também ser definido como um problema de programação linear.

O estimador obtido pela Regressão de Quantis, além de gozar das propriedades típicas nas grandes amostras (consistência e normalidade) tal como o OLS goza, permite ainda colmatar algumas das insuficiências apontadas ao OLS. A Regressão de Quantis proporciona uma visão mais completa das relações entre as variáveis explicativas e a variável explicada e das respectivas distribuições pois vai além da estimação da média. Geralmente, a média não é uma medida que valha por si só, o que induz, quase automaticamente, a um aprofundamento do estudo do comportamento das variáveis, completando-se, normalmente, com medidas de dispersão, como a variância.

Os dois exemplos de aplicações apresentados em Koenker e Hallock (2001), ilustram bem alguns pontos da fragilidade do estimador OLS e as respectivas

---

<sup>5</sup> Esta é a versão do modelo da regressão de quantis linear nos parâmetros. Na versão não linear,

$$Q_Y(\tau | x_i) = g(x, \beta_0(\tau)) \text{ e } \hat{\beta}_n(\tau) = \arg \min_{\beta \in \mathbb{R}^p} \sum_{i=1}^n \rho_{\tau}(y_i - g(x_i, \beta))$$

contrapartidas que a Regressão de Quantis oferece. Uma das aplicações foca a falta de robustez do OLS na presença de *outliers* e elevada dispersão da variável explicada por oposição à robustez apresentada pela mediana (ou quantil 0,5) nas mesmas situações. Na outra descreve como a Regressão de Quantis é particularmente útil na situação em que se quer estudar a influência das variáveis explicativas numa parte específica da distribuição (na aba esquerda ou direita) da variável resposta, em vez de estudar o efeito na média da variável resposta. Esta última aplicação é particularmente atraente quando se pretende analisar os efeitos de uma determinada política económica e descobrir se afectará igualmente todas as pessoas ou se, pelo contrário, afectará de forma diferenciada algum segmento da população. Por exemplo, depois do aumento do Imposto sobre o Valor Acrescentado de 19 para 21%, até mais interessante do que saber o efeito sobre o total do rendimento disponível das famílias, seria saber que tipos de famílias foram mais afectadas. Terão sido as famílias de mais baixo rendimento ou as de rendimento mais elevado? A respeito das vantagens da Regressão de Quantis, Koenker e Hallock (2001) concluem citando Mosteller and Tuckey (1977) quando dizem que a curva de regressão estimada pelo OLS equivale a um resumo das médias da distribuição das variáveis explicativas e como tal é bastante incompleto. Eles sugerem algo que permita completar a informação acerca da dimensão da influência das variáveis, ou seja, sugerem que se estimem várias curvas de regressão correspondentes aos vários pontos percentuais da distribuição, ou seja, a Regressão de Quantis. Tal como a média dá uma imagem incompleta de uma distribuição, a curva de regressão OLS dá uma imagem incompleta de uma série de distribuições condicionadas.

Conforme já foi mencionado no ponto 4.1 deste capítulo, pela desigualdade de Jensen  $E(f(x)) \neq f(E(x))$ , ou de forma equivalente,  $Eh(Y) \neq h(EY)$  pelo que, se no modelo de regressão clássico tivermos

$$E(h(Y) | X = x) = x^T \beta \quad (4.2.5)$$

excepto raras excepções, não podemos ter

$$\frac{\partial E(f(X) | X = x)}{\partial x_j} = \frac{\partial h^{-1}(x^T \beta)}{\partial x_j} \quad (4.2.6)$$

Apesar de não ser equivalente, esta transformação é comum, especialmente em modelos de logaritmos onde  $h(Y) = \log(Y)$ . Contudo, com a Regressão de Quantis, a situação torna-se mais simples. Conforme Koenker (2005), como

$$Q_{h(Y)}(\tau | X = x) = h(Q_Y(\tau | X = x)) \quad (4.2.7)$$

se verifica para qualquer transformação  $h(\cdot)$  monótona, se

$$Q_{h(Y)}(\tau | X = x) = x^T \beta(\tau) \quad (4.2.8)$$

então,

$$\frac{\partial Q_Y(\tau | X = x)}{\partial x_j} = \frac{\partial h^{-1}(x^T \beta)}{\partial x_j} \quad (4.2.9)$$

Assim, se se definir, por exemplo,

$$Q_{\log(y)}(\tau | X = x) = x^T \beta(\tau) \quad (4.2.10),$$

então,

$$\frac{\partial Q_y(\tau | X = x)}{\partial x_j} = \exp(\tau) \beta_j \quad (4.2.11).$$

No ponto 4.2 apresentaram-se a forma funcional e o método de estimação que Papke e Wooldridge (1996) propuseram como alternativa à transformação  $\log(\frac{y}{1-y})$ , que se mostrava insuficiente, já que, pela desigualdade de Jensen, não era possível recuperar o valor esperado de  $y$ , ou seja, do valor residual, sendo que era afinal esse o objectivo. Neste ponto, a Regressão de Quantis surge como método de estimação dos intervalos de confiança da distribuição gerada por aquela transformação, em que os quantis estimados correspondem aos limites do intervalos de confiança que se pretende estimar. O modelo proposto em Papke e Wooldridge (1996) é adequado para estimar o valor esperado do valor residual mas não é adequado para estimar os intervalos de confiança porque não modeliza a variância, não garantindo, portanto, a coerência dos intervalos estimados face ao valor esperado de  $y$  e ao respectivo intervalo em que este se insere:  $]0,1[$ . Conforme se demonstrou nas equações 4.2.8 e 4.2.9, a Regressão de Quantis goza da propriedade da equivariância, ou seja, pode aplicar-se a transformação inversa aos modelos estimados por esse método e ainda assim obter um resultado válido para a estimativa de  $y$ .

## 5. O modelo

Conforme exposto ao longo das várias secções, com especial incidência na segunda secção, a determinação dos valores residuais de automóveis usados reveste-se de uma importância estratégica para ramos específicos da actividade económica como o da gestão de frotas, o de aluguer de automóveis e da actividade seguradora. Surgiu por isso a ideia e a motivação para este estudo que pretende determinar um modelo que estime o valor residual de um automóvel usado. Definir o valor residual de um automóvel significa, por outras palavras, valorizá-lo e há a convicção de que esse valor resulta das características inerentes ao automóvel, desde as suas características mais gerais passando pelas técnicas e pelas de equipamento.

O modelo que se pretende estimar define, portanto, o impacto condicional de várias variáveis explicativas que definem o automóvel no valor residual do automóvel. O tipo de variável dependente em causa reveste-se de algumas especificidades, pelo que, o modelo que se utiliza na sua estimação deverá ter em conta essas especificidades, nomeadamente a forma funcional e, consequentemente, a inferência devem ser adequadas. O modelo aqui apresentado tem em conta essas especificidades e ultrapassa os problemas típicos em contextos semelhantes. Complementa-se, ainda, a análise com a determinação dos modelos referentes aos quantis 5 e 95 da distribuição dos residuais pelo método da Regressão de Quantis; os quantis definem os limites do intervalo de confiança de 90% para o valor esperado.

## 5.1. Dados

Os dados utilizados para estimar o modelo têm origem nas bases de dados das vendas de duas leiloeiras de automóveis usados que, conforme já foi referido, representaram cerca de 75% da vendas em leilão em Portugal no ano de referência dos dados, 2003.

As leiloeiras de automóveis usados funcionam como puros intermediários entre, maioritariamente, gestoras de frota e *rent-a-car* e o comércio a retalho, ou seja, os *stands* de automóveis. No caso das gestoras de frota, elas vendem os carros cujo contrato de *renting* dos respectivos clientes chegou ao fim; as *rent-a-car* são empresas com uma grande rotatividade de frota que permanentemente compram e vendem viaturas. Ambas conseguem escoar as suas frotas em fim de vida, principalmente, através das leiloeiras de automóveis cuja actividade, em Portugal, tem crescido paralelamente à expansão do *renting*. As leiloeiras são, no sentido literal da palavra, o mercado onde se encontram a oferta e a procura e donde resulta o preço do automóvel usado. Os comerciantes têm acesso antecipado a uma listagem dos automóveis que serão leiloados e podem vê-los no dia do leilão, antes deste se iniciar. O leilão decorre com o pregoeiro a lançar o preço base e com as licitações dos preços por parte dos interessados. Quem vende o automóvel em leilão define previamente o chamado preço de reserva abaixo do qual, à partida, a leiloeira não poderá vender o carro. As receitas da leiloeira consistem nas comissões que cobram quer ao vendedor quer ao comprador do automóvel. No caso do comprador, a comissão é sempre fixa, no caso do vendedor a comissão pode ser fixa ou percentual face ao valor de venda do automóvel. Os



comerciantes, por sua vez, revendem a outros *stands* ou directamente ao consumidor final.

A base de dados utilizada consiste num ficheiro com cerca de 13.960 observações, mais concretamente, consiste numa listagem de automóveis ligeiros de passageiros aos quais se associam uma série de variáveis descritivas, conforme descrevem as tabelas em baixo. A Tabela 1 enumera as características dos automóveis existentes na base de dados utilizada para estimar o modelo. O tipo de combustível (gasolina ou gasóleo), a potência (cavalos) e o preço original dos automóveis não são variáveis originais das bases de dados. No entanto, foram posteriormente introduzidas pelo facto de serem empiricamente consideradas relevantes para a determinação do valor residual do automóvel. A Tabela 2 contém o detalhe da caracterização das variáveis utilizadas. Além disso, a Tabela 2 contém algumas estatísticas descritivas das variáveis. Da amostra original foram retiradas as observações que não diziam respeito a automóveis ligeiros de passageiros, bem como as observações que apresentavam o valor zero nas variáveis numéricas, e as que, por qualquer razão, não continham informação.

Tabela 1. Características dos automóveis

GERAIS	EQUIPAMENTO
Número de portas	Tecto de abrir
Número de lugares	Antilock-Break System (ABS)
	Ar condicionado
	Estofos em pele
TÉCNICAS	Fecho centralizado de portas
Tipo de combustível	Vidros eléctricos
Capacidade do motor - cilindrada (cc)	Airbag
Potência máxima - cavalos (cv)	Duplo Airbag
	Alarme

Tabela 2. Descrição das variáveis e estatísticas descritivas

Variável	Descrição	Soma	Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo
marca	1 se ALFA ROMEO	103	0,0074	0,872		
	2 se AUDI	348	0,0249	2,945		
	3 se BMW	265	0,0190	2,243		
	4 se CHRYSLER	22	0,0016	0,186		
	5 se CITROEN	680	0,0487	5,755		
	6 se DAEWOO	127	0,0091	1,075		
	7 se DAIHATSU	24	0,0017	0,203		
	8 se FIAT	1.639	0,1174	13,871		
	9 se FORD	1.116	0,0799	9,445		
	10 se HONDA	332	0,0238	2,810		
	11 se HYUNDAI	173	0,0124	1,464		
	12 se JEEP	33	0,0024	0,279		
	13 se KIA	40	0,0029	0,339		
	14 se LADA	1	0,0001	0,008		
	15 se LANCIA	102	0,0073	0,863		
	16 se LAND ROVER	81	0,0058	0,686		
	17 se LEXUS	2	0,0001	0,017		
	18 se MAZDA	28	0,0020	0,237		
	19 se MERCEDES	149	0,0107	1,261		
	20 se MG	12	0,0009	0,102		
	21 se MINI	8	0,0006	0,068		
	22 se MITSUBISHI	174	0,0125	1,473		
	23 se NISSAN	193	0,0138	1,633		
	24 se OPEL	2.890	0,2070	24,458		
	25 se PEUGEOT	1.001	0,0717	8,471		
	26 se PORSCHE	5	0,0004	0,042		
	27 se RENAULT	1.912	0,1370	16,181		
	28 se ROVER	268	0,0192	2,268		
	29 se SAAB	13	0,0009	0,110		
	30 se SEAT	571	0,0409	4,832		
	31 se SKODA	88	0,0063	0,745		
	32 se SMART	18	0,0013	0,152		
	33 se SSANGYONG	11	0,0008	0,093		
	34 se SUBARU	14	0,0010	0,118		
	35 se SUZUKI	108	0,0077	0,914		
	36 se TOYOTA	122	0,0087	1,032		
	37 se VOLKSWAGEN	1.184	0,0848	10,020		
	38 se VOLVO	103	0,0074	0,872		
	total	13.960				
leilao	1 se SLV	10.486	0,7511	88,743		
cc	cilindrada		1.463	365	600	5.379
valornovo	preço do carro novo		18.659	8.682	5.631	138.466
cv	potência em cavalos		82	26	34	326
comb	1 se gasóleo	10.528	0,7542			
portas	número de portas		5	1	2	5
lugares	número de lugares		5	0,38	2	8
kms	nº de kms à data da venda em leilão		86.289	54.479	6	978.120
TA	1 se tem tecto de abrir	2.018	0,1446	0,352		
AntiBS	1 se tem ABS	5.226	0,3744	0,484		
AC	1 se tem ar condicionado	7.850	0,5623	0,496		
EP	1 se tem estofos em pele	765	0,0548	0,228		
FC	1 se tem fecho central de portas	13.091	0,9378	0,242		
VE	1 se tem vidros eléctricos	13.171	0,9435	0,231		
AB	1 se tem airbag	4.886	0,3500	0,477		
DAB	1 se tem duplo airbag	8.962	0,6420	0,479		
ALARM	1 se tem alarme	991	0,0710	0,257		
valorfinal	preço de venda em leilão		8.323	5.183	100	60.500
idade	nº de anos		4	2	0	19

## 5.2. Os modelos estimados

Os dados disponíveis permitem estimar até que ponto as várias características dos automóveis influenciam o valor de um automóvel ao fim de um determinado período de tempo. A base de dados tem, contudo, algumas condicionantes que poderão impedir uma aferição rigorosa do valor residual. Logo à partida, o facto da lista de variáveis da base de dados não ser exaustiva em relação às características que se acredita que influenciam o preço de um automóvel. Conforme já referido, há características que poderiam ser relevantes para explicar o valor do automóvel que esta base de dados não inclui, como é o caso, por exemplo, da velocidade máxima do automóvel, a sua autonomia em termos de combustível, dados relativos ao equipamento de som, etc. No entanto, talvez seja razoável confiar no critério de escolha de variáveis das leiloeiras pois, se ganham comissões em função do valor de venda do automóvel, são elas as interessadas em registar as variáveis consideradas relevantes na definição daquele valor.

Como também já havia sido referido anteriormente, há ainda outras variáveis que não são de todo passíveis de medição, pelo menos aquando da atribuição do valor residual, como o número de carros semelhantes à venda no mesmo leilão, o número de novos modelos que entretanto surgiram no mercado, até mesmo o tempo que faz no dia do leilão que certamente influencia o número de clientes, as alterações das necessidades dos clientes, o estado do automóvel, etc. Mas essas são variáveis que o próprio decisor dos residuais nunca terá disponíveis na altura de os atribuir pelo que a não disponibilização desse tipo de informação não é, na verdade, uma limitação. Acresce ainda o facto da base de dados conter informação que não é utilizada. É o caso, único,

dos modelos de automóveis existentes nas diferentes marcas. Esta variável não foi considerada nos modelos econométricos antes de mais, porque levantaria um problema quanto ao tratamento da informação no caso de surgirem novos modelos de automóveis. Além disso, os novos modelos seriam uma variável que o próprio decisor desconheceria aquando da definição do residual, pelo que, também não faz sentido modelizar. Finalmente, os modelos não foram considerados por razões computacionais, já que o elevado número de modelos de automóveis em toda a base obrigaria a definir uma matriz de regressores com demasiadas colunas.

Crê-se, pelo exposto, que as variáveis fundamentais estarão explícitas no modelo. Pelo menos estão no modelo, todas as que foi possível obter. A base de dados utilizada tem, no entanto, um aspecto bastante significativo e diferenciador face às bases de dados geralmente utilizadas no contexto da modelização de regressões hedónicas dos preços de automóveis novos. Esta base contém um preço de venda realmente verificado no mercado e não um preço médio fornecido pelos construtores, como normalmente se verifica.

O tipo de modelo utilizado para estimar o valor residual dos automóveis tem de ser adequado à natureza da variável dependente, que varia entre 0 e 1. Esta característica limita a possibilidade de adoptar uma regressão linear, como o OLS, pela dificuldade que representaria que a recta assim estimada caísse naquele intervalo. As soluções habitualmente adoptadas em contextos idênticos resolvem aquele mas trazem outro tipo de problemas, conforme já referido no ponto 4.1, pelo que, se adoptou antes a alternativa proposta por Papke e Wooldridge (1996) para estimar modelos de variável

dependente fraccional. Assim, o modelo estimado para determinar o valor esperado do valor residual condicionado nas variáveis explicativas é

$$E(y_i | x_i) = G(x_i \beta), \forall i$$

em que  $y_i$  é o valor residual do automóvel  $i$  e  $G(x_i \beta) = \frac{\exp(x_i \beta)}{(1 + \exp(x_i \beta))}$ , ou seja, a função logística, em que se verifica,  $0 \leq G(.) \leq 1$ . A função proposta por Papke e Wooldridge para determinar  $G(x_i \beta)$  é:

$$l_i(b) = y_i \log[G(x_i \beta)] + (1 - y_i) \log[1 - G(x_i \beta)].$$

No ponto 4.2 apresentou-se o estimador da Regressão de Quantis como o mais adequado para determinar os Intervalos de Confiança dado que goza da propriedade da equivariância, o que permite recuperar o valor esperado de  $y$  depois de aplicada a transformação  $\log(\frac{y}{1-y})$ . Assim, estima-se:

$$Q_{\log(\frac{y}{1-y})}(\tau | X = x) = x^T \beta(\tau), \quad \tau = 0,05 \text{ e } 0,95$$

### 5.3. Os resultados

Os resultados da estimação do valor residual pelo modelo Papke e Wooldridge elaborada com base no conjunto de regressores explícitos na Tabela 2 podem ser consultados na Tabela 3. O modelo passa o teste RESET (Ramsey, 1969) a que foi submetido e que testa na hipótese nula a boa especificação do modelo. Pode-se então concluir que o modelo está bem definido e que os regressores existentes são suficientes para explicar o valor esperado do residual.

O mais evidente de todos os resultados é número reduzido de variáveis que o modelo elege como sendo significativas, com 5% de confiança, para explicar o valor residual condicional. No fundo, este resultado vem confirmar a convicção de que a base de dados disponível, apesar de não ter um número elevado de regressores relativos às características do automóvel, o que à partida seria conveniente, contém, no entanto, os regressores que, dadas as evidências, são mais relevantes. As variáveis significativas são: o *valornovo*, os *kms*, o *comb* (combustível), a *idade* e a existência de *AC* (ar condicionado). A ideia de que variáveis como a cilindrada ou a potência também fossem significativas não é evidenciada neste modelo. No entanto, é razoável admitir que essa significância está patente através da significância do *valornovo* já que os automóveis com maior cilindrada e potência são mais caros. Além disso, como o que se analisa é a proporção do valor residual no valor novo, e não o valor do automóvel novo, não é de esperar que a proporção seja superior no caso dos carros com cilindrada e potência superiores. As variáveis relacionadas com o equipamento do automóvel, com excepção do ar condicionado, também não se revelam significativas com 5% de confiança.

**Tabela 3. Modelo Papke e Wooldridge**

Variável	$\hat{\beta}$	desv. padrão	t-ratio	p-value
Constante	0.7101	0.3843	1.8479	[.065]
ALFA ROMEO	-0.3125	.3172	-0.9852	[.325]
AUDI	0.3249	.2583	1.2578	[.208]
BMW	0.3706	.2670	1.3881	[.165]
CHRYSLER	-0.3436	.4998	-0.6875	[.492]
CITROEN	-0.2885	.2528	-1.1416	[.254]
DAEWOO	-0.4616	.3043	-1.5168	[.129]
DAIHATSU	-0.3554	.4974	-0.7146	[.475]
FIAT	-0.3258	.2447	-1.3314	[.183]
FORD	-0.0718	.2461	-0.2918	[.770]
HONDA	-0.0990	.2630	-0.3763	[.707]
HYUNDAI	-0.4099	.2901	-1.4131	[.158]
JEEP	-0.2241	.4546	-0.4930	[.622]
KIA	-0.3843	.4176	-0.9203	[.357]
LADA	-1.1145	2.545	-0.4380	[.661]
LANCIA	-0.4424	.3233	-1.3683	[.171]
LAND ROVER	0.1791	.3364	0.5326	[.594]
LEXUS	0.1687	1.465	0.1152	[.908]
MAZDA	-0.1272	.4764	-0.2670	[.789]
MERCEDES	0.4375	.2972	1.4718	[.141]
MG	0.1170	.6615	0.1769	[.860]
MINI	0.9270	0.9327	0.9939	[.320]
MITSUBISHI	-0.1898	0.2877	-0.6596	[.510]
NISSAN	-0.1820	0.2874	-0.6333	[.527]
OPEL	-0.1492	0.2412	-0.6186	[.536]
PEUGEOT	0.0408	0.2467	0.1654	[.869]
PORSCHE	1.8882	101782	1.8552	[.064]
RENAULT	-0.2036	0.2432	-0.8374	[.402]
ROVER	-0.4026	0.2724	-1.4780	[.139]
SAAB	-0.2481	0.6550	-0.3789	[.705]
SEAT	0.0650	0.2544	0.2553	[.798]
SKODA	-0.2195	0.3243	-0.6769	[.498]
SMART	0.8419	0.6477	1.2999	[.194]
SSANGYONG	-0.3122	0.6902	-0.4523	[.651]
SUBARU	-0.0161	0.6033	-0.0266	[.979]
SUZUKI	-0.2654	0.3224	-0.8232	[.410]
TOYOTA	0.0421	0.3017	0.1394	[.889]
VOLKSWAGEN	0.1657	0.2431	0.6814	[.496]
SLV	-.01362	0.0562	-0.2423	[.809]
cc	-.112E-04	0.155E-03	-0.0724	[.942]
valornovo	-0.177E-04	0.749E-05	-2.3643	[.018]
cv	-0.933E-03	0.191E-02	-0.4875	[.626]
comb	0.410471	0.0744	5.5198	[.000]
portas	0.311E-02	0.0264	0.1175	[.906]
lugares	0.0611	0.0526	1.1622	[.245]
kms	-0.261E-05	0.459E-06	-5.6784	[.000]
TA	0.0320	0.0622	0.5150	[.607]
AntiBS	0.400E-02	0.0513	0.0779	[.938]
AC	0.1032	0.0486	2.1253	[.034]
EP	0.0237	0.0942	0.2523	[.801]
FC	0.0877	0.1393	0.6297	[.529]
VE	0.0838	0.1455	0.5761	[.565]
AB	0.0166	0.0576	0.2888	[.773]
DAB	0.1182	0.0654	1.8059	[.071]
ALARM	0.0383	0.0739	0.5185	[.604]
idade	-0.2477	0.0141	-17.5908	[.000]

Se considerarmos 10% de confiança recupera-se o *DAB* (duplo air bag) que se torna significativo. Dos resultados conclui-se portanto, que a avaliação de um automóvel usado é feita com base em cinco variáveis de referência não sendo as restantes fulcrais no valor do automóvel usado.

Considerando individualmente e *ceteris paribus* o sinal das estimativas dos parâmetros das variáveis significativas, verifica-se que os *kms* e a *idade* do automóvel são inversamente proporcionais ao valor residual, o que era, de certa forma esperado, assim como o sinal positivo do *AC*. O sinal positivo do *comb* significa que os automóveis a gasóleo são mais valorizados do que os a gasolina, o que era, também de certa forma esperado pois são carros mais procurados, principalmente no caso dos usados. Um resultado mais curioso é o referente ao *valornovo* que é inversamente proporcional ao valor residual, o que significa que, com tudo o resto constante, quanto mais caro for o automóvel novo mais ele se desvalorizará, fazendo, na prática, um *catching up* do valor residual face aos seus semelhantes mais baratos.

Os resultados dos modelos em que se estimam os quantis condicionados de 5% e 95% pela Regressão de Quantis, e que definem o intervalo de confiança a 90% para o valor esperado do valor residual, constam na Tabela 4. Os desvios padrões dos parâmetros destes modelos foram estimados usando o método *Bootstrap* com 1000 réplicas. À semelhança do modelo estimado para determinar o valor médio do residual condicional, cada um dos modelos estimados para os quantis foi submetido ao teste RESET. O modelo referente ao quantil 5 passou o teste com os regressores base mas o modelo do quantil 95 não passou. Ainda assim, apresentam-se os respectivos resultados.



**Tabela 4. Modelos estimados para os Intervalos de Confiança de 5% e 95%**

Variável	IC 5%			IC 95%				
	$\hat{\beta}$	$\hat{\beta}$	t-ratio	p-value	$\hat{\beta}$	$\hat{\beta}$	t-ratio	p-value
Constante	0.0352		0.3077	[.758]	1.1727		9.8253	[.000]
ALFA ROMEO	-0.7308		-7.4331	[.000]	-0.0553		-0.8537	[.393]
AUDI	0.3253		4.2176	[.000]	0.6921		9.2733	[.000]
BMW	0.4036		4.8762	[.000]	0.5444		8.4608	[.000]
CHRYSLER	-0.3666		-3.6742	[.000]	-0.0757		-0.3863	[.699]
CITROEN	-0.4520		-5.9187	[.000]	0.0661		0.8697	[.385]
DAEWOO	-0.6002		-6.9882	[.000]	-0.1464		-1.4120	[.158]
DAIHATSU	-0.5016		-3.8433	[.000]	-0.1685		-1.6314	[.103]
FIAT	-0.4209		-5.8481	[.000]	-0.0447		-0.6070	[.544]
FORD	-0.3184		-4.3152	[.000]	0.3268		4.3916	[.000]
HONDA	-0.0801		-1.0221	[.307]	0.1132		1.4633	[.143]
HYUNDAI	-0.6197		-7.3631	[.000]	-0.0646		-0.6492	[.516]
JEEP	-0.2290		-1.1169	[.264]	-0.3833		-1.5865	[.113]
KIA	-0.6258		-1.9410	[.052]	-0.2647		-3.4155	[.001]
LADA	-0.5223		-1.4454	[.148]	-1.5344		-0.860E-02	[.993]
LANCIA	-0.6282		-7.0304	[.000]	-0.1651		-2.3429	[.019]
LAND ROVER	0.2386		2.2997	[.021]	0.3225		2.9745	[.003]
LEXUS	0.5581		3.4323	[.001]	-0.0683		-0.386E-02	[.997]
MAZDA	-0.2128		-2.4708	[.013]	0.2293		1.1681	[.243]
MERCEDES	0.3383		3.7240	[.000]	0.9566		5.1588	[.000]
MG	-0.1397		-0.8233	[.410]	0.1417		1.4700	[.142]
MINI	0.8971		6.2928	[.000]	1.9267		3.8273	[.000]
MITSUBISHI	-0.3820		-5.0938	[.000]	0.2838		3.1427	[.002]
NISSAN	-0.3247		-2.9818	[.003]	0.2490		2.2858	[.022]
OPEL	-0.1984		-2.8258	[.005]	0.1644		2.4135	[.016]
PEUGEOT	-0.2553		-3.6257	[.000]	0.6297		8.0712	[.000]
PORSCHE	2.4883		7.5392	[.000]	1.3701		6.1769	[.000]
RENAULT	-0.4612		-5.6693	[.000]	0.2260		2.9712	[.003]
ROVER	-0.4394		-4.6160	[.000]	-0.2093		-3.0016	[.003]
SAAB	-0.2840		-1.8195	[.069]	-0.2121		-2.5695	[.010]
SEAT	-0.1808		-2.2068	[.027]	0.6315		7.7810	[.000]
SKODA	-0.8205		-6.2398	[.000]	0.3834		3.6661	[.000]
SMART	0.4969		2.9101	[.004]	2.4549		4.2925	[.000]
SSANGYONG	-0.4592		-2.8802	[.004]	-0.1946		-1.6599	[.097]
SUBARU	-0.4105		-2.8940	[.004]	0.4528		2.6296	[.009]
SUZUKI	-0.3438		-2.4253	[.015]	0.0486		0.4134	[.679]
TOYOTA	-0.0371		-0.4843	[.628]	0.4850		4.7716	[.000]
VOLKSWAGEN	0.0556		0.7667	[.443]	0.5782		7.9971	[.000]
SLV	0.0405		1.4704	[.141]	-0.0194		-1.2398	[.215]
CC	-0.813E-04		-1.1999	[.230]	0.234E-03		3.5079	[.000]
valornovo	-0.291E-04		-8.6695	[.000]	-.180E-04		-4.9543	[.000]
CV	-0.263E-03		-2.6865	[.788]	-0.795E-03		-1.1886	[.235]
comb	0.4640		14.5098	[.000]	0.3415		11.8690	[.000]
portas	0.0287		2.5487	[.011]	-0.335E-02		-0.4279	[.669]
lugares	0.1312		10.0051	[.000]	-0.0444		-2.5881	[.010]
kms	-0.166E-05		-11.1601	[.000]	-.299E-05		-15.0077	[.000]
TA	0.0418		1.8370	[.066]	0.0268		1.4616	[.144]
AntiBS	0.0800		4.5964	[.000]	0.0376		2.4514	[.014]
AC	0.1555		7.3484	[.000]	0.0858		4.9266	[.000]
EP	0.0670		2.0641	[.039]	0.0927		2.3906	[.017]
FC	0.2222		3.3740	[.001]	0.0365		0.8492	[.396]
VE	0.0454		0.6818	[.495]	-0.0141		-0.3028	[.762]
AB	0.137E-02		0.0513	[.959]	0.0200		1.0354	[.301]
DAB	0.0901		3.4887	[.000]	0.0534		2.1017	[.036]
ALARM	0.0307		1.3250	[.185]	0.0854		3.5732	[.000]
idade	-0.2885		-54.4739	[.000]	-0.2260		-41.6758	[.000]

A análise dos resultados permite concluir desde logo que para os quantis em questão há muitas mais variáveis que são significativas do que para a média. Os regressores *valornovo*, os *kms*, o *comb* (combustível), a *idade* e o *AC* além de também serem também significativos apresentam o mesmo sinal, ou seja, influenciam o valor residual no mesmo sentido. A intensidade com que influenciam é que é ligeiramente diferente.

Nos casos do *valornovo*, por exemplo, o nível de influência sobre o valor residual no quantil 95, com tudo o resto constante, é muito semelhante ao registado para o valor médio mas para o para o quantil 5, o parâmetro estimado é cerca de 10% superior. O mesmo acontece com os *kms*. Também neste caso, o modelo do 5º quantil é mais sensível do que o 95º cujas estimativas dos parâmetros, por sua vez, são mais aproximadas aos valores dos parâmetros estimados para a média. O *DAB* é significativo, com 5% de confiança, nos quantis em causa.

Para além das variáveis significativas para explicar os 5º e 95º quantis já mencionadas e comuns ao modelo que estima os parâmetros para o valor médio, há variáveis que se revelam significativas apenas nos quantis em causa. Assim, verifica-se que os *lugares*, o *AntiBS* e o *EP* são significativas. Note-se no entanto que, se por um lado o *AntiBS* e o *EP* têm um efeito positivo em ambos os quantis, por outro, os *lugares* já apresentam um efeito oposto em cada um dos quantis: positivo no quantil inferior e negativo no superior. Ou seja, para os automóveis com residuais mais baixos, quanto mais lugares tiver o automóvel mais se valoriza esse mesmo carro usado, pelo contrário, para os 5% de residuais mais elevados, um aumento do número de lugares implica uma

desvalorização do residual. As variáveis que se revelam ser significativas unicamente para explicar o 5º quantil de valores residuais são as *portas* e o *FC*, ambas com um efeito positivo sobre o valor residual. As que revelam evidência de serem significativas para o quantil 95 são *ALARM* e a *CC*, ambas, igualmente, com um efeito de sinal positivo.

## 6. Conclusão

A questão da determinação do valor residual de automóveis torna-se relevante na medida em que é a referência para o cálculo do valor do serviço de *renting* cuja filosofia assenta na ideia “paga-se o que se usa”. De forma a calcular a prestação do serviço de *renting* apenas sobre o montante referente à desvalorização do automóvel que ocorre durante o período contratado, as gestoras de frota são obrigadas a definir no momento presente quanto vale o automóvel no fim do contrato. Essa não é uma tarefa fácil não só porque obriga a definir uma série de factores explicativos do valor do automóvel, tanto de ordem objectiva como subjectiva, mas também a forma como esses factores se conjugam e evoluem. Há ainda uma série de factores que não é possível ter em conta, o que implica a existência de uma componente de risco. Tradicionalmente, em Portugal, os valores residuais têm sido definidos de forma empírica. Esta tese pretende, na medida do possível, contribuir para a definição de um método mais formal de estimar valores residuais.

A base de dados utilizada para o efeito contém dados relativos a automóveis usados, ligeiros de passageiros, vendidos em leilões dirigidos a comerciantes, no ano de 2003. Tendo em conta as especificidades econométricas expostas no ponto 4, relacionadas com a existência de uma variável dependente fraccional, o estudo empírico levado a cabo passou pela estimação de um modelo que determina o valor esperado dos valores residuais, condicionado nas variáveis que caracterizam o automóvel. Estimaram-se ainda dois modelos referentes aos quantis 5 e 95, igualmente

condicionados nas variáveis explicativas, que fazem o papel de limites do intervalo de confiança de 90% para o valor residual.

Uma das evidências do modelo que estima o valor esperado do valor residual, condicionado nas variáveis explicativas, é o número relativamente reduzido de variáveis explicativas significativas. São elas: os quilómetros, o tipo de combustível, o valor do carro novo, a idade e a existência de ar condicionado. Os quilómetros e a idade influenciam negativamente o valor residual, os carros a gasolina e os carros novos mais caros sofrem uma maior desvalorização relativamente aos carros a gasóleo e aos carros mais baratos, respectivamente. Finalmente, a existência de ar condicionado valoriza o automóvel.

A estimativa dos quantis 5 e 95 pelo método da Regressão de Quantis vem confirmar como o estudo dos quantis permite completar o panorama que se pretende construir ou descrever na análise estatística de uma determinada distribuição. Mais concretamente, através da caracterização das respectivas abas foi possível perceber e analisar tanto as diferenças como as características comuns com o modelo do valor esperado. Assim, conclui-se que as variáveis significativas para o valor esperado são igualmente significativas em ambos os modelos de quantis; são, portanto, comuns aos três modelos estimados. Comum é também o sinal do efeito dessas variáveis no valor residual, ainda que a intensidade seja diferente. Para ambos os quantis identificaram-se ainda três variáveis significativas: o número de lugares, a existência de ABS (antilock break system) e de estofos em pele. Estas duas últimas têm um efeito positivo no valor residual independentemente do quantil em questão. Já o número de lugares influencia

positivamente o 5º quantil e negativamente o 95º quantil. Ou seja, com tudo o resto constante, para cinco por cento da população de automóveis com valor residual mais baixo, os carros com mais lugares são mais valorizados, enquanto que para os 5% de residuais mais elevados, quantos mais lugares o carro tiver mais ele se desvalorizará. As variáveis significativas apenas para o 5º quantil são o número de portas e a existência de fecho eléctrico central, ambas com um efeito positivo sobre o valor residual. As que revelam evidência de serem significativas apenas para o quantil 95 são a existência de alarme e o nível da cilindrada, ambas com um efeito de sinal positivo.

## Referências

- Anuário ARAC (2004), Anuário do Rent-a-Car, ALD e Gestão de Frotas, RentMagazine.*
- Court, A. (1939), “Hedonic Price Indexes with Automotive Examples”, in *The Dynamics of Automobile Demand*, New York: The General Motors Corporation, pp. 99-117.
- Cowling, K. e Cubbin, J. (1971), “Price Quality and Advertising Competition: An Econometric Investigation of the UK Car Market”, *Economica*, November 1971, pp. 378-394.
- Decreto-Lei n.º 214/97 de 16 de Agosto, *Diário da República – I Série-A*.
- Griliches, Zvi (1961), “Hedonic Price Indexes for Automobiles: An Econometric Analysis of Quality Change”, reprinted in Griliches, Z. (1971), ed., *Price Indexes and Quality Change*, Cambridge, Mass.: Harvard University Press.
- Gourieroux, C., Monfort, A. e Trognon, A. (1984), “Pseudo-maximum likelihood methods: theory”, *Econometrica*, 52, 681-700.
- Instituto de Seguros de Portugal, Normas Regulamentares Nr.014/1997 de 09/10 e Nr.008/1998 de 15/06 (Ramo Automóvel-Seguro de “Danos Próprios”).
- Koenker, Roger (2005), *Quantile Regression*, Econometric Society Monographs No.38, Cambridge University Press.
- Koenker, Roger e Bassett G. (1978), “Regression Quantiles”, *Econometrica* 46: 33-50.
- Koenker, Roger e Hallock, Kevin F. (2001), “Quantile Regression”, *Journal of economic Perspectives*, Vol. 15, Nº.15, pp. 143-156.



Markowitz, Harry M. (1952), "Portfolio Selection", *Journal of Finance*, Março, pp. 77-91.

Markowitz, Harry M. (1959), *Portfolio Selection: Efficient Diversification of Investments*, New York: John Wiley and Sons.

McCullagh, P. e Nelder, J. A., (1989), *Generalized Linear Models*, 2ª edição, Chapman and Hall, New York.

Mertens Y. e Ginsburgh, V. (1985), "Product Differentiation and Price Discrimination in the European Community: The Case of Automobiles", *The Journal of Industrial Economics*, Vol. 34, Nº.2, December 1985, pp. 151-166.

Mosteller, Frederic e John Tuckey (1977), *Data analysis an Regression: A Second course in Statistics*. Reading Mass.: Addison-Wesley.

Ohta, M. e Griliches, Z. (1986), "Automobile Prices and Quality: Did the Gasoline Prices Increases Change Consumer Tastes in the U.S.?", *Journal of Business and Economic Statistics*, 4, 187-198.

Papke, Leslie E. e Wooldridge, Jeffrey M. (1996), "Econometric Methods for Fractional Response Variables with an Application to 401(K) Plan Participation Rates", *Journal of Applied Econometrics*, Vol. 11, pp. 619-632.

Ramsey, J.B. (1969), "Tests for Specification Errors in Classical Linear Least Squares Regression Analysis.", *Journal of the Royal Statistical Society*, B, 31(2), 350-371.

Relatório e Contas (2004), Soluções Automóvel Globais, SAG GEST.

Relatório e Contas (2005), Soluções Automóvel Globais, SAG GEST.

Ross, Stephen A. (1976), "The Arbitrage Theory of Capital Asset Pricing", *Journal of Economic Theory*, Dezembro, pp. 341-360.



Triplett, Jack E. (1969), "Automobiles and Hedonic Quality Measurement", *The Journal of Political Economy*, Vol. 77, N°3 Mai-Jun., 1969, pp. 408-417.

Wagner, Wayne H. e Sheila C. Lau (1971), "The Effect of Diversification on Risk", *Financial Analysts Journal*, 27:6, Novembro-Dczembro, 48-53.

